



عالم الاتصالات

بين الماضي والحاضر والمستقبل

الأستاذ الدكتور

عماد الدين خلف الحسيني

مركز الأهرام
للترجمة والنشر



عالم الاتصالات

بين الماضي والحاضر والمستقبل

الأستاذ الدكتور

عماد الدين خلف الحسيني

الطبعة الاولى

١٤٢١ هـ - ٢٠٠٠ م

جميع حقوق الطبع محفوظة

الناشر : مركز الاهرام للترجمة والنشر

مؤسسة الاهرام - شارع الجلاء - القاهرة

تليفون : ٥٧٨٦٠٨٣ - فاكس : ٥٧٨٦٨٢٣

المحتويات

الصفحة

مقدمة	٥
الفصل الأول : تطور الاتصالات عبر قرنين	٩
الفصل الثاني : قنوات الاتصال	٢٠
الفصل الثالث : الاتصالات السلكية	٣٢
الفصل الرابع : الاتصالات اللاسلكية	٤٤
الفصل الخامس : الاتصالات عبر الأقمار الصناعية	٦٦
الفصل السادس : الاتصالات الشخصية اللاسلكية أو اتصالات المحمول	٨٣
الفصل السابع : الاتصالات عبر الإنترنت	٩٩
خاتمة : نظرة إلى المستقبل	١١٤
المراجع	١١٧

مقدمة

لا ريب أن الاتصالات أصبحت تعيش فى حياتنا اليومية فى كل لحظة. وما كان حلما منذ عهد قريب أصبح واقعا، وما نحلم به الآن يمكن أن يتحقق بين عشية وضحاها. لقد أصبح العالم بالفعل قرية صغيرة، ما يحدث فى مكان ما بعيد ينقل إلى باقى الأماكن بالصوت والصورة لحظة وقوع الحدث.

وللاتصالات آثار جمة فى حياة الشعوب، اجتماعية وثقافية واقتصادية وعسكرية وعلمية وسياسية. فالمناطق النائية التى يصعب الوصول إليها جغرافيا لصعوبة التضاريس أو المناخ، أمكن ربطها ببقية المناطق الأكثر ازدهاما بالسكان عن طريق البرامج المختلفة التى يمكن أن تبث إليها، سواء كانت ثقافية أو تعليمية، إخبارية أو اجتماعية، مسموعة أو مرئية، مما ينهى عزلتها ويزيد اندماجها فى الوطن الأم. كما أصبح العمل فى مثل تلك المناطق لتنميتها وتطويرها أخف وطأة وأقل قسوة، بفضل الاتصالات التى أتاحت ربط العاملين بذويهم ؛ فجعلتهم أكثر استقرارا وتركيزا فى عملهم. وقد أسقطت الاتصالات الحواجز بين الشعوب، وأسهمت فى تلاقى الحضارات المختلفة عن طريق البرامج التى تبث ليل نهار من أى بقعة على سطح الأرض، لتنتقلها الأقمار الصناعية إلى بقية العالم من شماله إلى جنوبه ومن شرقه إلى غربه، لا تفرقها فروق التوقيت أو اختلاف الفصول أو الهضاب والسهول أو المحيطات والبحار. وأصبح فى مقدور رجال المال والأعمال متابعة صفقاتهم

أو مشروعاتهم أو مصالحهم، سواء كانوا جالسين فى مكاتبهم أو راكبين سياراتهم أو طائراتهم أو حتى سائرين على أقدامهم.

وإذا انتقلنا إلى دور الاتصالات فى التطبيقات العسكرية، نجد أن فوائدها لا تعد ولا تحصى. وعلى سبيل المثال لا الحصر، فإن أجهزة الرادار ما هى إلا أجهزة إرسال واستقبال تقوم بإرسال الإشارات واستقبالها عند ارتدادها لتحديد مكان الهدف المعادى حتى يمكن تدميره. والحروب اليوم التى يطلق عليها الحروب الإلكترونية، أصبحت تعتمد على الاتصالات بدرجة كبيرة فى توجيه الصواريخ والقذائف والطائرات، والربط بين القوات المتحاربة مهما اتسعت رقعة انتشارها.

وإذا نظرنا إلى مجال آخر تسهم فيه الاتصالات، نجد أن لها أهمية فى التنبؤ بالأحوال الجوية عن طريق الإشارات والصور التى ترسلها الأقمار الصناعية.

كذلك يمكن للاتصالات أن تكشف عما تحتويه الأرض من معادن ومياه جوفية، مما يساعد على رسم صورة جيولوجية دقيقة لباطن الأرض، تبنى على أساسها الخطط لاستخراج كنوزها بطريقة علمية سليمة ودقيقة.

وفى ميدان الطب أيضا، أصبح للاتصالات إسهامات جليلة، من بينها مثلا تصوير الأعضاء الداخلية لجسم الإنسان بواسطة الموجات فوق الصوتية. ولا ننسى مجال التعليم والتوجيه الطبى عن بعد لإكساب الأطباء الشبان المهارة الفنية والخبرة اللازمة لإجراء العمليات الجراحية المختلفة.

وتلعب الاتصالات دورا مؤثرا فى حقل السياسة، حيث أصبح الاتصال الفورى والمباشر بين رؤساء الدول والحكومات أمرا ميسورا، ويمكنه أن يوقف حربا، أو يمنع تطور الأزمات الساخنة إلى صراعات مسلحة. كما يسرت الاتصالات متابعة الوزراء وكبار المسؤولين لمستوى الأداء فى مواقع العمل والإنتاج.

وبفضل الثورة التكنولوجية التي أحدثتها شبكات الإنترنت، يمكننا اليوم إرسال الرسائل واستقبال الرد عليها في التو واللحظة. وبالصوت والصورة، إذا شئنا، وهو ما يطلق عليه البريد الإلكتروني. كما يسرت هذه الشبكات الحصول على الأبحاث والمقالات العلمية المنشورة بالدوريات العالمية، مما يزود الباحثين وطلاب العلم بأحدث التطورات في المجالات العلمية المختلفة. وحتى التسوق عن طريق هذه الشبكات أصبح متعة، فالشركات والمصانع والأسواق التجارية تعلن عن منتجاتها وأسعارها وتعطيك عناوينها، وما عليك إلا اختيار ما تود شراءه وسداد الثمن بإعطائهم رقم حسابك الشخصي (فيزا كارت مثلا) فيوصلك المنتج أينما كنت.

وما ذكرناه من أمثلة يعد غيضاً من فيض تطبيقات الاتصالات وفوائدها. وهذا الكتاب يقدم بين دفتيه نماذج متعددة لأنواع الاتصالات المختلفة التي نستخدمها في عالمنا اليوم، والتي نأمل أن تساعدنا على فهم أهمية هذا المجال الحيوى في حياتنا.

الفصل الأول

تطور الاتصالات عبر قرنين

لكي ندرك حجم ما نلمسه اليوم من يسر وسهولة فى الاتصالات، لابد من نظرة تاريخية نتتبع فيها تطور الاتصالات عبر الزمن. كان التطور بطيئاً فى بدايته راسخاً فى تقدمه، ثم انطلق بخطى واسعة تشعبت مجالاتها وتنوعت تخصصاتها حتى بات من الصعب ملاحقتها. وما كان حلماً بعيد المنال، حتى للقادة والملوك والحكام، أصبح واقعا ملموسا لعامة الناس. فمن عصر الدخان والنار والحمام الزاجل وحاملى الرسائل الذين يمتطون الدواب، إلى عصر الألياف الضوئية والأقمار الصناعية والإنترنت التى لا تقف أمامها عوائق من بحار ومحيطات أو جبال ووديان. غدت الاتصالات ميسورة فى كل لحظة على مدار اليوم، ليلاً ونهاراً، صيفاً أو شتاء، مهما بعدت المسافات أو اتسعت فروق التوقيت بين طرفى الاتصال.

ونستطيع أن نسجل البدايات الأولى لتاريخ الاتصالات باختراع العالم الإيطالى «فولتا» للبطارية الكهربائية. وقد اشتقت وحدة قياس فرق الجهد الكهربى، وهى «الفولت» (Volt)، من اسمه. وقد قام فولتا بعرض اختراعه على صفوة المجتمع الفرنسى فى احتفال دعا إليه نابليون بونابرت عام

١٨٠١. وكان المحرك لاختراع فولتا هو ما لاحظته العالم الإيطالي جالفانى من حدوث تقلصات فى أرجل الضفادع المبتورة، مما يدل على وجود قوة حيوية تسرى داخل أنسجة الأرجل. وكانت هذه بداية لما يعرف بنظرية الكهرباء فى الحيوانات. وقد حدا ذلك بفولتا لأن يصمم بطاريته على شكل شعبان البحر. وفى عام ١٨٢٠، اكتشف العالم الدانماركى أورستيد أن التيار الكهربى ينتج عنه مجال مغناطيسى. وفى عام ١٨٣١، استطاع العالم الإنجليزى مايكل فاراداي أن يولد تيارا كهربيا بالتأثير عندما حرك مغناطيسا بالقرب من سلك جيد التوصيل. وقد أدى ذلك إلى اكتشاف حقيقة أن المجالات الكهربائية يمكن أن تنشأ نتيجة تغير فى المجالات المغناطيسية. أى أن فاراداي أثبت أن عكس نظرية أورستيد صحيح أيضا.

تطور الاتصالات السلكية (التلغراف والتليفون) :

فى عام ١٨٢٤، نجح العالمان الألمانيان جاوس وويبر فى تصميم أول نظام للتلغراف يعمل لمسافات بعيدة. وكانت فكرتهما التى قاما بتنفيذها تعتمد على أن جهاز استقبال الإشارات التلغرافية يتكون من إبرة مغناطيسية حرة الحركة داخل ملف يحمل تيار الإشارة التى يتم استقبالها. والاتجاه الذى تنحرف إليه الإبرة يعتمد على اتجاه التيار داخل الملف. وبناء على ذلك، تم وضع كود للحروف الأبجدية الإنجليزية يعتمد على عدد مرات انحراف الإبرة يمينا أو يسارا أو فى الاتجاهين معا. وعلى سبيل المثال، كود حرف A هو «٢»، أى تنحرف الإبرة مرة واحدة إلى اليمين (right). وكود حرف B هو «١١»، أى تنحرف الإبرة مرتين إلى اليسار (left). أما كود حرف C فهو «٣٣٣»، أى انحراف الإبرة يكون ثلاث مرات لليمين. وكود حرف D هو «٣٣١»، أى تنحرف الإبرة مرتين يمينا ومرة ثالثة يسارا... وهكذا حتى نهاية الحروف.

وقد قام كوك وهويتستون الإنجليزيان بعرض نظام متطور للتلغراف عام ١٨٣٧. وقد صاحب بداية استخدامه فى ١٨٤٥ ضجة هائلة، حيث كان له دور فى القبض على قاتل تم إعدامه فيما بعد. وقد أدى ذلك لتأسيس الشركة الإنجليزية للتلغراف الكهربائى عام ١٨٤٦. وفى عام ١٨٥٢، كانت هذه الشركة قد انتهت من إنشاء شبكة للتلغراف وصل طولها إلى ٤٠٠٠ ميل^(١) داخل إنجلترا.

وفى الولايات المتحدة الأمريكية، استطاع صمويل مورس بمعاونة آخرين، ابتكار نظام جديد للتلغراف باستخدام طريقة «النقطة - الشرطة» للكد - وهو ما يعرف حتى الآن «بكود مورس» (dot - dash Morse Code). وبمساعدة من الكونجرس الأمريكى مقدارها ٢٠ ألف دولار، أمكن إنشاء أول خط تلغراف بالولايات المتحدة عام ١٨٤٤. وكان هذا الخط يربط بين مدينتى واشنطن وبالتيمور بطول ٤٠ ميلا.

وبعد ذلك، جرت أول محاولة للربط التلغرافى بين إنجلترا والولايات المتحدة عبر المحيط الأطلنطى، وقام بها كل من الأمريكى سيروس فيلد والإنجليزى جون برى وتشارلز برايت. وفى بداية الأمر، واجهوا صعوبات بالغة فى تثبيت الكابل عبر الأطلنطى. وأخيرا فى عام ١٨٦٦، تم بنجاح إنشاء خط تلغرافى ثابت بين الولايات المتحدة وأوروبا.

وعلى الرغم من أن الفضل فى أول نظام للتليفونات يعزى إلى العالم الأمريكى ألكسندر جراهام بل، فإن أول محاولة ناجحة للاتصال التليفونى تمت على يد مدرس ألمانى يسمى فيليب رايز عام ١٨٦٠. وفى عام ١٨٧٧، قام جراهام بل بإنشاء «شركة بل للتليفونات»، وتم افتتاح أول سنترال للتليفونات عام ١٨٧٨ فى مدينة نيوهاغن بولاية كونيتيكت الأمريكية. وفى

(١) المثل = ١,٦ كيلومتر.

عام ١٩١٥ - بعد اكتشاف المكبرات الإلكترونية - استطاع «بل» إجراء حديث تليفونى مع توماس واتسون بين نيويورك وسان فرانسيسكو، أى عبر الولايات المتحدة من شرقها إلى غربها. وربما يندهش المرء حينما يعلم أنه لم يتم الانتهاء من مد أول كابل تليفونى تحت الماء عبر الأطلنطى إلا عام ١٩٥٣، أى منذ زمن ليس ببعيد.

تطور الاتصالات اللاسلكية (الإرسال الإذاعى والتليفزيونى) :

إذا انتقلنا إلى الاتصالات اللاسلكية، نجد أن العالم الاسكتلندى ماكسويل قد استطاع أن يضع نظرية عامة للموجات الكهرومغناطيسية وانتشارها، وقام بطرحها على الأوساط العلمية عام ١٨٦٤. وقد اعتمد ماكسويل فى نظريته على الظواهر الكهرومغناطيسية التى اكتشفها قبله أورستيد وفاراداي وآخرون. وفى عام ١٨٨٧ استطاع الفيزيائى الألمانى هينريش هيرتز أن يحقق عمليا نظرية ماكسويل، وأن يثبت أن موجات الراديو لها نفس خصائص موجات الضوء. ويلاحظ أن وحدة قياس تردد موجات الراديو (أو موجات هيرتز كما أطلق عليها فى بداية الأمر) هى الـ «هيرتز» (Hertz) نسبة إلى اسم مكتشفها، وتكتب «Hz» اختصارا. وقد توفى هيرتز عام ١٨٩٤ عن ٣٧ عاما فقط. وقد استطاع أوليفر لودج أن يستقبل إشارات لاسلكية مرسلة من مسافة ١٥٠ ياردة، وجرى ذلك بأوكسفورد بإنجلترا عام ١٨٩٤. وفى نفس الوقت كان كل من ماركونى الإيطالى وبوبوف الروسى يعملان، كل على حدة، لوضع اللمسات الأخيرة لأول نظام للاتصالات اللاسلكية. وفى عام ١٨٩٥، تمكن ماركونى من إرسال إشارات لاسلكية أمكن استقبالها على بعد كيلومترين. وفى عام ١٨٩٨، قام ماركونى بتأسيس شركة للتغراف والإشارات اللاسلكية، واستطاع إرسال إشارات الراديو لمسافة ٦٠ ميلا. وفى نهاية عام ١٩٠١، تم استقبال ثلاث إشارات

خافطة مرسلة لاسلكيا عبر الاطلنطى من مدينة كورنويل بانجلترا إلى مدينة نيوفاوند لاند بالولايات المتحدة الأمريكية، بعد أن قطعت فى رحلتها مسافة تصل إلى ١٧٠٠ ميل. واعتبر هذا الاتصال بمثابة تدشين لعصر جديد، هو عصر الاتصالات اللاسلكية بعيدة المدى. وفى أقل من عشر سنوات، تمكن ماركونى من تطوير نظم الإرسال اللاسلكى للإشارات لتصبح أكثر كفاءة. وفى عام ١٩٠٩، حصل ماركونى على جائزة نوبل فى الفيزياء لتوظيفه موجات الراديو (أو موجات هيرتز) فى نقل الإشارات الكهربائية لاسلكيا.

ومن ناحية أخرى، أحدث اختراع فليمنج الإنجليزى للصمام الثنائى أو «الدايود» (Vacuum diode) عام ١٩٠٤، واختراع لى دى فورست الأمريكى للصمام الثلاثى أو «الترايود» (Triode) عام ١٩٠٦ ثورة فى عالم الاتصالات، حيث أمكن بواسطتهما نقل الصوت لاسلكيا. والواقع أنه كان للترايود أهمية قصوى فى تكبير الإشارات اللاسلكية حتى تم استبداله فيما بعد بالتترانزستور، ولذلك يسمى دى فورست «أبو الراديو». وفى عام ١٩٠٧، أمكن نقل الكلام أو الصوت لاسلكيا لمسافة ٢٠٠ ميل فى شرق الولايات المتحدة. وفى عام ١٩٢٠، بدأت أول محطة إرسال إذاعى عملها بمدينة بيتسبرج بالولايات المتحدة، وكان الإرسال الإذاعى يتم فى أوقات محددة. ولم يكد عام ١٩٢٣ ينتهى إلا وكانت هناك أكثر من ٥٠٠ محطة إذاعة فى الولايات المتحدة.

أما بالنسبة لأجهزة الاستقبال الإذاعى وتطويرها، فلقد كان للمهندس الأمريكى إدوين آرمسترونج دور كبير فى هذا المجال. فقد قام خلال الحرب العالمية الاولى (١٩١٤-١٩١٨) بتصميم جهاز استقبال ذى كفاءة عالية، يعرف باسم «سوبر هيتيروداين». واعتمدت فكرة هذا الجهاز على تخفيض تردد الموجة الحاملة للإشارة اللاسلكية (Carrier Frequency) تدريجيا خلال مرحلة أو أكثر، حتى يصل إلى النطاق الترددى الطبيعى للإشارة المرسل

التي يراد استقبالها. ولا يزال هذا النظام مستخدماً في أغلب أجهزة استقبال الراديو حتى وقتنا هذا. وفي عام ١٩٢٢، تمكن آرمسترانج أيضاً من تصميم نظام جديد للإرسال، يعتمد على تضمين أو تعديل أو تشكيل تردد الموجة الحاملة طبقاً للإشارة المراد إرسالها. أي أن تردد الموجة الحاملة يتم تغييره ليتوافق مع التغير في سعة الإشارة المرسله، وهو ما أطلق عليه «تضمين التردد» (Frequency Modulation) ويكتب اختصاراً «FM». وحتى ذلك العام (١٩٣٣) لم تكن هناك سوى طريقة واحدة لتضمين الموجة الحاملة للإشارة المرسله، عن طريق تغيير سعة الموجة الحاملة طبقاً لسعة الإشارة المرسله، وهو ما يعرف باسم «تضمين السعة» (Amplitude Modulation) ويكتب اختصاراً «AM». وفي عام ١٩٤٩ كانت هناك ٦٠٠ محطة إرسال تعمل بنظام الـ «FM».

أما أول محاولة للإرسال التلفزيوني، فقد قام بها عالم روسي يدعى زوريكاين عام ١٩٢٩. وفي عام ١٩٣٩، بدأت هيئة الإذاعة البريطانية (BBC) في البث التلفزيوني الأبيض والأسود على مستوى تجاري. وقد بيع في لندن أكثر من عشرين ألف جهاز للاستقبال التلفزيوني في ذلك العام. ثم ظهر الإرسال التلفزيوني الملون الذي اعتبر بمثابة تقدم هائل آخر إلى الأمام، وقد بدأ بثه في الولايات المتحدة عام ١٩٥٤.

تطور الاتصالات خلال النصف الأخير من القرن العشرين :

شهدت هذه الفترة ثلاث قفزات هائلة شكلت نقاط تحول في تطور الاتصالات:

□ القفزة الأولى تمثلت في اختراع الترانزستور عام ١٩٤٨ بواسطة العلماء الأمريكيين براتان وباردين وشوكلي، وكانوا يعملون «بمعامل بل».

وقد حصلوا على جائزة نوبل عام ١٩٥٦ لهذا الإنجاز العظيم. وقد كان لاختراعهم هذا أثره الكبير في تغيير حجم أجهزة الإرسال والاستقبال المستخدمة في نظم الاتصالات.

□ القفزة الثانية كانت في التوصل لصناعة الدوائر المتكاملة صغيرة الحجم عالية الكثافة التي تحمل عددا كبيرا من دوائر الترانزستور. وقد أنتجت أول دائرة متكاملة عام ١٩٥٨ بواسطة العالم الأمريكي روبيرت نويس.

ونتيجة للقفزتين الأولى والثانية، أمكن على سبيل المثال تصغير حجم الحاسب الذي كان يشغل من قبل مساحة مبنى كبير، ليصبح حاسبا شخصيا صغير الحجم يمكن أن نحمله في أيدينا، علاوة على أنه صار أكثر سرعة وأكبر سعة مقارنة بالحاسب الضخم السابق.

□ القفزة الثالثة كانت في عام ١٩٤٨ أيضا، حينما نشر العالم الأمريكي شانون بحثه الذي وضع الأساس للاتصالات الرقمية التي تتميز بكفاءتها العالية، ولذلك فهو يعتبر «أبو نظرية المعلومات».

بعد ذلك تشعبت الاتصالات في مجالات أربعة جديدة ترتبط ببعضها البعض في شبكة شديدة الدقة والتعقيد. وهذه المجالات هي: اتصالات الحاسبات، والاتصالات عبر الأقمار الصناعية، والاتصالات بواسطة الألياف الضوئية، واتصالات المحمول أو الاتصالات الشخصية.

● بالنسبة للمجال الأول، وخلال الفترة ١٩٥٠ - ١٩٧٠ كانت هناك دراسات كثيرة للاتصالات بين الحاسبات. وقد بدأت أولى شبكات الاتصالات بين الحاسبات في العمل عام ١٩٧١ بالولايات المتحدة، وسميت «أربانت» (ARPANET). ثم تطورت هذه الشبكات تطورا مذهلا حتى وصلت إلى ما نراه الآن في شبكة الإنترنت (سنعرض لهذا الموضوع بتفصيل أكثر في الفصل السابع).

● أما المجال الثانى، أى الاتصالات عبر الأقمار الصناعية، فقد بدأت شرارتها الأولى بإطلاق الاتحاد السوفيتى لقمر الاتصالات «سبوتنك -١» (Sputnik 1) عام ١٩٥٧، وقد ظل يرسل إشارات من الفضاء لمدة ٢١ يوما. ثم تبعته الولايات المتحدة الأمريكية بإطلاق أول قمر لها عام ١٩٥٨ ويحمل اسم «المكتشف -١» (Explorer 1)، وقد ظل يرسل إشارات من الفضاء لمدة خمسة أشهر تقريبا. ولكن القفزة الأولى الحقيقية فى مجال الاتصالات قد تحققت بإطلاق الولايات المتحدة للقمر «تليستار -١» (Telstar 1) عام ١٩٦٢. وقد صنع هذا القمر فى «معامل بل»، واستطاع أن ينقل برامج تليفزيونية عبر الأطلنطى، وذلك باستخدام محطات استقبال لها هوائيات ضخمة. ثم توالى إطلاق الأقمار بعد ذلك لتكوّن شبكات فى الفضاء تربط بين أرجاء الأرض - وسنتحدث فى الفصل الخامس بإسهاب أكثر عن الاتصالات عبر الأقمار الصناعية.

● والمجال الثالث، الذى شهد طفرة كبيرة خلال العقود الأربعة الأخيرة، هو الاتصالات عبر الألياف الضوئية. ويمكننا أن نرصد البداية الحقيقية لهذا النوع من الاتصالات فى اكتشاف أشعة الليزر وتطويرها فى الفترة ١٩٥٨-١٩٦٠ بواسطة العالمين الأمريكيين شاولو وتاونس، والعالمين الروسيين باسوف وبروخوروف. وقد حصلوا جميعا على جائزة نوبل عام ١٩٦٤. وتكمن أهمية أجهزة إرسال أشعة الليزر فى تجانس الضوء المنبعث منها وقوته الشديدة. أما الخطوة التالية التى شكلت علامة بارزة على طريق الاتصالات عبر الألياف الضوئية، فقد حدثت عام ١٩٦٦ حينما حدد العالمان الإنجليزيان كاو وهوكهام أسباب الفقد الكبير فى قدرة الإشارات المرسلة عبر الألياف الضوئية مما لا يمكنها من الانتقال لمسافات بعيدة. وقد كان ذلك حافزا للشركات المصنعة للألياف الضوئية لتتلافى هذه الأسباب، حتى أمكن حاليا صناعة ألياف ضوئية يفقد ضئيل جدا.

● المجال الرابع الذى لا نستطيع أن نغفله هو اتصالات المحمول، التى يطلق عليها أحيانا الاتصالات الشخصية اللاسلكية : لأنها تمكن الإنسان من أن يسير وفى يده محطة متحركة للاتصالات تربطه بأى نقطة على سطح الأرض. ويستطيع المستخدم لهذا المحمول أن يرسل أو يستقبل رسالة مسموعة أو مرئية أو مقروءة. وخلال العقدين الأخيرين فإن البحث فى هذا المجال يسير، ولا يزال، على قدم وساق - وسنفرد لهذا الموضوع الفصل السادس لنتناول بعض معالمة.

مما تقدم نرى أن تطور الاتصالات بمعناها الحديث بدأ بطيئا خلال القرن التاسع عشر، ثم تسارعت الخطى خلال النصف الأول من القرن العشرين. وقد كان للحربين العالميتين الأولى والثانية أثر فى ذلك. ومع بداية النصف الثانى من القرن العشرين، صارت الخطى قفزات واسعة، وتشعبت مجالات الاتصالات تشعبا كبيرا حتى بات من الصعب ملاحقة تطورها. ويبين الجدول رقم (١-١) الأحداث المهمة فى مسيرة تطور الاتصالات.

جدول (١-١) : الأحداث المهمة فى مسيرة تطور الاتصالات

السنة	الحدث
١٧٩٠-١٨٠٠	اختراع «فولتا» البطارية الكهربائية.
١٨٢٠	اكتشف «أورستيد» أن التيارات الكهربائية تنتج عنها مجالات مغناطيسية.
١٨٢٠-١٨٤٠	توصل «فاراداي» وآخرون إلى أن تغيير المجالات المغناطيسية تتولد عنه مجالات كهربية.
١٨٣٤	تمكن «جاولس» و «ويبر» من تصميم أول نظام لتلغرافى كهرومغناطيسى.

تابع جدول (١-١)

السنة	الحدث
١٨٢٧	نجح «كوك» و «هويتستون» فى بناء نظام تلغرافى متطور.
١٨٤٢	أقام «مورس» بالولايات المتحدة أول خط تلغرافى بين مدينتى بالتيمور وواشنطن.
١٨٦٠	صمم «رايس» الالمانى أول نظام تليفونى.
١٨٦٤	نشر «ماكسويل» نظريته عن الموجات الكهرومغناطيسية.
١٨٦٦	أنشئ أول خط تلغرافى عبر الأطلنطى.
١٨٧٦	قام «بل» بتطوير النظام التليفونى.
١٨٨٧	قام «هيرتز» بإجراء أول تجارب عن انتشار الموجات لإثبات صحة نظريات «ماكسويل».
١٨٩٤	نجح «لودج» فى إرسال إشارات لاسلكية لمسافة ١٥٠ ياردة.
١٨٩٨	استطاع «ماركونى» و «جاكسون» إرسال إشارة لاسلكية لمسافة ٦٠ ميلا.
١٩٠١	نجح «ماركونى» فى إرسال إشارات لاسلكية عبر الأطلنطى.
١٩٠٤	اخترع «فليمنج» الصمام الثنائى المعروف باسم الدايدود.
١٩٠٦	اخترع «لى دى فورست» الصمام الثلاثى أو الترابود.
١٩٢٠	أقيمت أول محطة للإرسال الإذاعى بمدينة بيتسبرج الأمريكية.
١٩٢٩	عرض «زوركاين» نظاما للإرسال التليفزيونى.
١٩٣٣	قام «آرمسترونج» بوضع نظام جديد لتضمين الإشارة عن طريق تغيير تردد الموجة الحاملة طبقا لسعة الإشارة، المعروف بنظام الـ FM.

تابع جدول (١-١)

السنة	الحدث
١٩٣٦	قامت هيئة الإذاعة البريطانية بتدشين البث التلفزيونى الأبيض والأسود.
١٩٤٨	قام «براتان» و «باردين» و «شوكلى» ببناء أول مكبر للإشارات باستخدام الترانزستور.
١٩٥٠-١٩٦٠	أمكن تطوير شبكات الميكروويف.
١٩٥٣	تم مد أول كابل للتليفونات عبر الاطلنطى.
١٩٥٤	بدأ بث أول إرسال تليفزيونى ملون بالولايات المتحدة.
١٩٦٠	تم بناء أول جهاز ليزر.
١٩٦٢	تم إطلاق أول قمر صناعى للاتصالات عبر الاطلنطى (تلسار -١). وكانت هناك محاولات تجريبية سابقة على ذلك، بدأت عام ١٩٥٧ بإطلاق الاتحاد السوفيتى لـ «سبوتنيك -١».
١٩٧٠	حدث تطور سريع للاتصالات فى جميع الاتجاهات سواء عبر الأقمار الصناعية، أو عبر الألياف الضوئية، أو عن طريق شبكة اتصالات الحاسبات التى أسفرت عن ظهور الإنترنت، أو عن طريق الاتصالات اللاسلكية الشخصية للمحمول. واعتمد ذلك على استخدام الدوائر الإلكترونية المتكاملة كبيرة الكثافة (VLSI)، والدوائر المتكاملة للنبائط الكهروضوئية، والحاسبات فائقة السرعة، والحاسبات التى تستخدم فى التصوير الطبى - كما هو الحال فى الرنين المغناطيسى - كما حدث تطور كبير فى التصوير الرادارى والفلكى.

الفصل الثانى

قنوات الاتصال

قبل أن نبدأ الحديث عن أنواع قنوات الاتصال لابد أن نعرف ما هو المقصود بالاتصالات الكهربية، وما هى الرسائل التى يمكن نقلها.

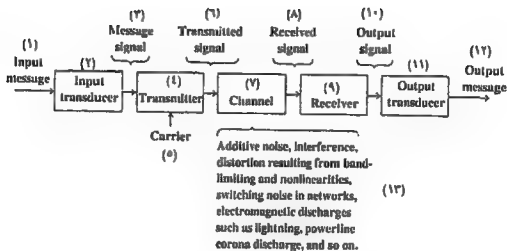
ما هى الاتصالات الكهربية ؟

الاتصالات الكهربية تعنى إرسال رسالة - بعد تحويلها من شكلها الطبيعى إلى إشارة كهربية - من نقطة ما على سطح الأرض إلى نقطة أخرى بعيدة عنها. وفى بعض الأحيان تقع النقطتان فى مكان واحد كما هو الحال فى أجهزة الرادار والسونار.

ويمثل الشكل (٢-١) نموذجاً عاماً لنظم الاتصالات سنعرض فيما يلى لأجزائه الواحد تلو الآخر :

محول طاقة الدخل Input Transducer :

وهو يقوم بتحويل رسالة الدخل المراد إرسالها من شكلها الطبيعى إلى إشارة كهربية. والإشارة الكهربية تعنى تغيراً فى الجهد الكهبرى أو شدة



شكل (١-٢) : رسم تخطيطي لمراحل نظام الاتصالات [مرجع ٢٨]

(١) الرسالة الداخلة، (٢) محول طاقة للدخل، (٣) إشارة الرسالة، (٤) جهاز الإرسال (المُرسل)، (٥) الموجة الحاملة، (٦) الإشارة المرسل، (٧) قناة الاتصال، (٨) الإشارة المستقبلة، (٩) جهاز الاستقبال (المستقبل)، (١٠) الإشارة الخارجة، (١١) محمول طاقة للخروج، (١٢) الرسالة الخارجة، (١٣) خلال القناة يمكن أن تضاعف الضوضاء، ويحدث التداخل والتشويه للإشارة نتيجة لعدم خطية القناة ومحدودية اتساع نطاقها الترددي، كما أن هناك نوعاً من الضوضاء المفاجئية يمكن أن يحدث نتيجة لتفريغ الشحنات الكهرومغناطيسية في حالة البرق، أو من خطوط الضغط العالي، أو غير ذلك.

التيار الكهربى مع الزمن. والرسالة المراد إرسالها قد تكون كلاماً أو صورة، أو قياسات لدرجة الحرارة أو الضغط الجوى، أو نصاً مكتوباً، أو برنامجاً لحاسب أو غيرها. وإذا أردنا مثلاً لمحول طاقة الدخل، نجد أن الميكروفون الإذاعى أو التلفزيونى يقوم بتحويل الذبذبات الصوتية إلى تغيرات متناسبة معها فى التيار الكهربى الخارج منه. وكذلك تقوم الكاميرا التلفزيونية بتحويل الإشارات الضوئية المنعكسة من الصورة إلى إشارات كهربية متناسبة معها.. وهكذا. وجدير بالذكر أنه يوجد العديد من المحولات لطاقة الدخل، ويعتمد كل منها على نوع الرسالة الداخلة.

المُرْسِل Transmitter :

الهدف من جهاز الإرسال هو ربط الإشارة الكهربائية التي تمثل الرسالة بقناة الاتصال. وعادة يتم في جهاز الإرسال تحميل الإشارة على «موجة حاملة» (Carrier)، وتسمى عملية التحميل هذه تشكيلا أو تضمينا للموجة الحاملة بالإشارة (Modulation). وهناك عدة طرق للتضمين منها تضمين السعة (AM) أو التردد (FM) أو الطور (PM).

وللتضمين عدة فوائد أهمها أنه يسهل عملية البث لمسافات طويلة بنسبة فقد مقبولة للطاقة، ويقلل من تأثيرات الشوشرة والتداخل ويحدد الإشارة المرسله بحيث يمكن التعرف عليها، كما أنه يمكن من إرسال عدة رسائل خلال قناة اتصال واحدة (Multiplexing).

قناة الاتصال :

هي الوسيط الذي يربط بين طرفي الاتصال أو بين المرسل والمستقبل. وهذه القناة قد تكون سلكية أو لاسلكية. وأشهر القنوات السلكية هي تلك التي تربط بين تليفون المشترك والسنترال المحلي (Local Exchange)، أو الكابلات - نحاسية كانت أو أليافا ضوئية - التي تربط بين السنترالات بعضها بعضا. أما بالنسبة للقنوات اللاسلكية، فعادة ما يوجد هوائى لكل طرف من طرفى الاتصال ولا يفصل بينهما سوى الاثير من طبقات الجو. وأمثلة القنوات اللاسلكية كثيرة، منها البث الإذاعى والتليفزيونى، والاتصالات عبر الأقمار الصناعية، واتصالات المحمول. وسنتحدث فى هذا الفصل عن أنواع القنوات بشئ من الإسهاب والتفصيل.

المستقبل Receiver :

الهدف الأساسى لجهاز الاستقبال أو المستقبل، هو استخلاص الإشارة الكهربائية التى يتم استقبالها من موجتها الحاملة - وتسمى هذه العملية «فك التضمين» (Demodulation) — ليتم تسليمها بعد ذلك لمحول طاقة الخرج.

محول طاقة الخرج Output Transducer :

يقوم بتحويل الإشارة الكهربائية إلى شكلها الأهلئ الذى تم إرسالها به من صوت أو صورة أو خلافة. ومن أمثلة محول طاقة الخرج، السماعة أو المجهار (Loudspeaker) فى حالة جهاز استقبال البث الإذاعى، أو شاشة التليفزيون فى حالة الاستقبال التليفزيونى.

وبذلك تكون دائرة الاتصال قد اكتملت، وسننتقل بعد ذلك لإلقاء بعض الضوء على قنوات الاتصال.

قنوات الاتصال وأنواعها :

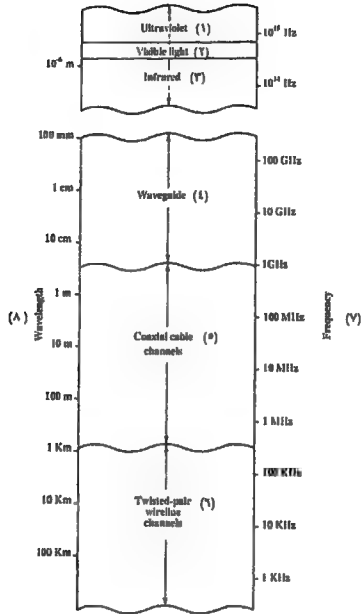
كما ذكرنا سابقا فإن قناة الاتصال هى الوسيط الذى يربط بين المرسل والمستقبل، والذى تنتقل خلاله الإشارة. وقد تكون القناة زوجا من الأسلاك المفتولة (Twisted pair) يحمل الإشارة الكهربائية، أو أليافا ضوئية تحمل شعاعا ضوئيا متضمنا الإشارة، أو مياه بحر أو محيط تنتقل خلالها الرسالة بالموجات الصوتية، أو فضاء يحمل الإشارة الكهربائية التى تم بثها من هوائى المرسل. وهناك وسائط أخرى يمكن اعتبارها قنوات اتصال، وهى وسائط تخزين المعلومات مثل الشرائط المغنطة والأقراص المغنطة والأقراص الضوئية. وفيما يلى سنعرض بإيجاز لكل نوع من هذه القنوات مع بيان لأهم تطبيقاته:

١- القنوات السلكية : وأشهر تطبيقاتها هو شبكة التليفونات السلكية التي تستخدم فى نقل الرسائل الصوتية بالإضافة للبيانات والفيديو. وتعتبر أزواج الأسلاك المفتولة والكوابل المحورية هما أساس القنوات السلكية للاتصالات ذوات النطاق الترددى المتوسط. وتجدر الإشارة إلى أن زوج الأسلاك الذى يربط بين المشترك والسنترال المحلى التابع له لا يتجاوز نطاقه الترددى بضع مئات من الكيلوهيرتز^(١) (KHz)، فى حين يتجاوز النطاق الترددى للكابلات المحورية عدة مئات من الميغاهيرتز^(٢) (MHz). وعادة ما يستخدم الكابل المحورى للربط بين السنترالات المحلية داخل المدينة الكبيرة، أو بين السنترالات المركزية للمدن المختلفة. ولا تزال القنوات السلكية تمثل النسبة الكبرى للاتصالات على مستوى البلد الواحد وعلى مستوى العالم. ويبين الشكل رقم (٢-٢) النطاق الترددى للقنوات السلكية المختلفة.

٢- قنوات الألياف الضوئية : وتتميز هذه القنوات عن سابقتها بسعة نطاقها الترددى الذى يتجاوز بمئات المرات النطاق الترددى للكابلات المحورية. وقد حدث فى السنوات الأخيرة تقدم كبير فى تصنيع كابلات الألياف الضوئية، وأصبحت نسبة الفقد فى قوة الإشارة قليلة جداً، مما ساعد على استخدامها فى الاتصالات عبر المحيط الأطلنطى والمحيط الهادى. وبالإضافة إلى قدرة هذه القنوات على استيعاب حركة اتصالات كبيرة من مكالمات تليفونية إلى برامج تليفزيونية وغيرها، فإن التداخل بين الإشارات فيها أقل بكثير من مثيله فى الكابلات النحاسية المحورية. ولم يعد استخدام هذه القنوات يقتصر على المسافات البعيدة بل أصبحت تستخدم على النطاق المنزلى المحلى، مما أتاح الفرصة أمام المشتركين للاستفادة من خدمات اتصال تشمل الصوت والبيانات والفاكس والفيديو. والإشارة المرسلة خلال هذه

(١) الكيلوهيرتز = ١٠^٣ هيرتز.

(٢) الميغاهيرتز = ١٠^٦ هيرتز.



شكل (٢-٢) : النطاق الترددي للقنوات الإتصال السلكية [مراجع ١٩]

mm = ملليمتر، cm = سنتيمتر، m = متر، Km = كيلو متر، Hz = هيرتز، KHz = كيلو هيرتز

MHz = ميغاهيرتز، GHz = جيجاهيرتز

(١) فرق البنفسجية، (٢) الضوء المرئي، (٣) دون الحمراء، (٤) دليل موجي، (٥) قنوات للكابلات المحورية، (٦)

قنوات الزوج السلكي المقتول، (٧) التردد، (٨) طول الموجة

القنوات تكون فى صورة شعاع ضوئى مصدره دايود ضوئى مشع، أو شعاع ليزر تتغير شدته طبقا للرسالة المراد نقلها. وفى جهاز الاستقبال يتم الكشف عن شدة الضوء بواسطة دايود ضوئى (Photodiode)، وهو الذى يقوم بتحويل الإشارة الضوئية إلى أخرى كهربية تتغير طبقا لتغير شدة الضوء الساقط على الدايدود. ومن المتوقع أن يتم إحلال شبكات الاليف الضوئية محل جميع الشبكات السلكية النحاسية فى السنوات الاولى من القرن الحادى والعشرين.

٣- قنوات الاتصال اللاسلكية : فى هذه الحالة يتم بث الطاقة الكهرومغناطيسية الخاصة بالرسالة خلال الأثير أو الفضاء بواسطة هوائى جهاز الإرسال. ويعتمد طول الهوائى (الايريال) على تردد الموجة الحاملة للرسالة. وللبث الجيد، يجب أن يكون طول الهوائى أكبر من عُشر (٠.١) طول الموجة، علما بأن :

$$\text{طول الموجة} = \text{وسرعة الضوء} = 3 \times 10^8 \text{ متر/ ثانية}$$

فإذا افترضنا أن ^{سرعة الضوء} تلاقى للموجة الحاملة للرسالة يساوى واحد ميغاهيرتز، فإن طول هذه الموجة يساوى ٣٠٠ متر، وبالتالي يجب ألا يقل طول الايريال عن ٣٠ مترا.

وتنتشر الموجات اللاسلكية بثلاث طرق هى : الانتشار الأرضى (Ground Wave Propagation)، والانتشار السماوى (Sky Wave Propagation)، والانتشار على مدى البصر (Line of Sight). وفى نطاق الترددات شديدة الانخفاض، والترددات المسموعة حينما يزيد طول الموجة على ١٠ كم، فإن سطح الأرض وطبقة الأيونوسفير (سيتم تعريفها لاحقا) يعملان كدليل موجى (أى كمسار للموجات) لانتشار الموجات الكهرومغناطيسية. وفى هذا النطاق الترددى يتم الانتشار عادة حول سطح الأرض. ولهذه الأسباب فإن

هذه الترددات تستخدم فى إرسال الإرشادات الملاحية من الشواطىء إلى السفن.

ويبين الشكل (٢-٣) الانتشار الأرضى للموجات الذى يلائم عادة الموجات متوسطة النطاق الترددى (٢,٣ - ٣ ميغاهيرتز). وأهم الاستخدامات لهذا النطاق هى الاتصالات اللاسلكية البحرية والإذاعة للموجات المتوسطة المشكلة السعة (AM)^(٣). ولا يزيد مدى إرسال أقوى محطات الإذاعة فى هذه الحالة على ١٥٠ كيلومترا. وعادة ما تقام محطات تقوية للاستقبال وإعادة البث حتى يتم تغطية جميع المناطق المراد تغطيتها بهذا الإرسال الإذاعى.

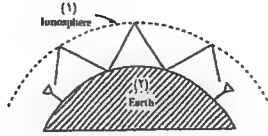
والنوع الثانى من انتشار الموجات اللاسلكية هو الانتشار عبر السماء،



شكل (٢-٣): انتشار الموجات الأرضية [مراجع ١٩]
(١) الأرض

كما هو موضح بالشكل (٢-٤). وفى هذه الحالة تنعكس الموجات من طبقة الأيونوسفير إلى الأرض. وتتكون الأيونوسفير بدورها من عدة طبقات تحتوى على جسيمات مشحونة، وهى تقع على ارتفاع من ٥٠ إلى ٤٠٠ كيلومتر من سطح الأرض. وتعمل أشعة الشمس خلال ساعات النهار على تسخين الطبقات السفلى من الأيونوسفير على ارتفاعات أقل من ١٢٠

(٣) موجات الإذاعة المتوسطة هى التى يقع تردد الموجة الحاملة لها بين ٥٥٠ و ١٦٠٠ كيلو هيرتز، وطولها بين ١٨٧,٥ و ٥٤٥,٥ متر. ويتم تضمين الإشارة بتغيير سعة الموجة الحاملة (انظر الفصل الأول).



شكل (٢-٤) : انتشار الموجات السماوية [مرجع ١٩]
(١) طبقة الأيونوسفير (٢) الأرض

كيلومترا. وينتج عن ذلك زيادة فى كثافة الإلكترونات الحرة، مما يؤدي إلى امتصاص الموجات الكهرومغناطيسية التى تقل تردداتها عن ٢ ميغاهيرتز، وبالتالي الحد من الإرسال الإذاعى بنظام الـ AM. أما فى ساعات الليل، فإن كثافة الإلكترونات الحرة تقل كثيرا فى طبقات الأيونوسفير السفلى، فيقل تبعاً لذلك امتصاص الموجات مقارنة بساعات النهار. وهكذا يمكن لمحطات الإذاعة القوية أن تبث إرسالها عبر طبقة الأيونوسفير على ارتفاع من ٤٠-٤٠٠ كيلومتر فوق سطح الأرض.

وهناك مشكلة أساسية تحدث نتيجة لانتشار الموجات السماوية ذات التردد العالى أو المرتفع [High Frequency (HF)] ، هى تعدد مسارات الإشارة المرسله. ونتيجة لذلك فإن المستقبل يتلقى عدة إشارات متتالية بفواصل زمنية تتفاوت تبعاً لطول المسارات التى قطعتها الإشارة المرسله. وفى أغلب الأحيان تكون محصلة هذه الظاهرة هى إضعاف الإشارة، فيما يعرف بـ «ظاهرة الخفوت» (Fading). وكثيراً ما يلاحظ الناس هذه الظاهرة خلال استماعهم لمحطات إذاعية بعيدة أثناء الليل حينما تكون الموجات السماوية هى الغالبة. وفى نظم الاتصالات الرقمية، فإن تعدد مسارات الإشارة المرسله يتسبب فى تداخل رموز الإشارة [Intersymbol Interference (ISI)] مما يؤدي إلى تشوهها.

وتتوقف الموجات السماوية عن الانتشار في طبقة الأيونوسفير عند الترددات التي تزيد على ٣٠ ميغاهيرتز، وهي النهاية القصوى لنطاق التردد العالي (HF). وتتوافر إمكانية الاتصال لمسافات تصل إلى عدة مئات من الأميال باستخدام التشتت خلال طبقة التروبوسفير^(١)، في نطاق ترددي من ٤٠-٣٠٠ ميغاهيرتز. وطبقة التروبوسفير هي إحدى طبقات الغلاف الجوي، وتقع على ارتفاعات منخفضة تصل إلى أقل من ١٦ كيلومترا من سطح الأرض. ونظرا لأن انتشار الموجات عن طريق التشتت يصاحبه فقد كبير في قوة الإشارة، فإن أجهزة الإرسال لابد من أن تبث قوة إرسال كبيرة، كما تحتاج إلى هوائيات كبيرة الحجم نسبيا.

أما النوع الثالث من انتشار الموجات اللاسلكية، فهو الانتشار على مدى البصر [Line of Sight (LOS)]. وهذا يعني أننا يمكن أن نمد خطا مستقيما بين هوائي المرسل وهوائي المستقبل بدون عائق بينهما، أي أن هوائي المستقبل يمكن أن يرى هوائي المرسل. وهذا النوع من انتشار الموجات يحكمه انحناء سطح الأرض. فإذا كان ارتفاع هوائي المرسل عن سطح الأرض هو «هـ متر» فإن أقصى مسافة يمكن أن تنتقل إليها الإشارة على مدى البصر - على افتراض عدم وجود أي عوائق من جبال أو غيرها - تساوي $\sqrt{2 \times \text{هـ}}$ كيلومتر تقريبا. فإذا افترضنا أن ارتفاع هوائي إرسال تليفزيوني هو ٣٠٠ متر، فإن المسافة التي يمكن تغطيتها تصل إلى حوالي ٦٧ كيلومترا. ومن أمثلة هذا النوع من انتشار الموجات الإرسال التليفزيوني، والإرسال عبر الأقمار الصناعية، ووصلات الميكروويف التي تستخدم في النقل التليفوني والفيديو عند ترددات تتجاوز واحد جيجاهيرتز^(٢).

(٤) أي تشتت الإشارات المرسل من الأرض خلال هذه الطبقة، وينعكس بعضها في مسارات متعددة، فيمكن استقبالها مرة أخرى في أماكن بعيدة عن جهاز الإرسال.

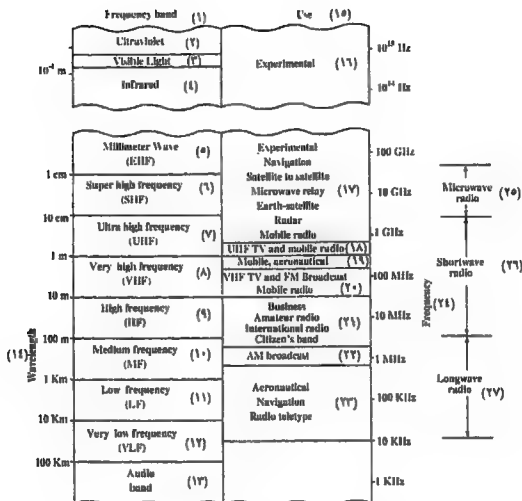
(٥) الجيجاهيرتز = 10^9 هيرتز.

وبين الشكل (٢ - ٥) النطاق الترددي للقنوات اللاسلكية، و'الاستخدام العملي لكل نطاق.

٤- قنوات الاتصال الصوتية تحت الماء : خلال العقود الأخيرة ازداد الاهتمام باستكشاف ما يجري في أعماق البحار والمحيطات، ونظرا لكثرة البيانات المراد تجميعها، توضع أجهزة استشعار (Sensors) تحت الماء لنقل الإشارات الصوتية إلى سطح الماء، حيث يتم تحويلها إلى إشارات كهربية يتم إرسالها عبر الأقمار الصناعية أو غيرها من الوسائل إلى مركز تجميع البيانات. إذ وجد أن الموجات الكهرومغناطيسية لا تستطيع الانتشار لمسافات طويلة تحت الماء. وعلى سبيل المثال، فإن إشارة كهرومغناطيسية يبلغ ترددها ١٠ هيرتز لا تستطيع الانتشار بفقد معقول إلا لمسافة ٢,٥ متر، بينما الإشارات الصوتية يمكنها أن تنتشر لمسافات تصل إلى عشرات أو مئات الكيلومترات.

٥- قنوات التخزين : تشكل نظم تخزين المعلومات واسترجاعها أهمية كبرى في حياتنا العملية. ومن أمثلة قنوات التخزين الشرائط المغنطة التي تشمل الشرائط الرقمية المسموعة أو المرئية، وأيضا الأقراص المغنطة والأقراص الضوئية والأقراص المضغوطة لتخزين برامج الحاسب. وتجدد الإشارة إلى أن عملية التخزين على الشرائط أو الأقراص تماثل عملية إرسال إشارة خلال قناة تليفونية أو لاسلكية، بينما تماثل عملية استرجاع قراءة المعلومات أو رؤيتها عملية الاستقبال في القنوات التليفونية أو اللاسلكية.

وتعتمد كثافة تخزين المعلومات - التي تقاس بعدد البتات (bits) في البوصة المربعة - على حجم الشريط أو القرص. وقد تصل كثافة التخزين حاليا إلى ٩١٠ بت لكل بوصة مربعة.



شكل (٢ - ٥) : النطاق الترددي للأنواع اللاسلكية وتطبيقات كل نطاق [مرجع ١٩]

cm = سنتيمتر، m = متر، Km = كيلو متر، Hz = هيرتز، Kilz = كيلو هيرتز، MHz = ميجاهيرتز، GHz = جيجاهيرتز

(١) نطاق التردد، (٢) فوق البنفسجية، (٣) الضوء المرئي، (٤) دون الحمراء، (٥) الموجات المليمترية، (٦) التردد فائق الارتعاش، (٧) التردد فوق المرتفع، (٨) التردد المرتفع جدا، (٩) التردد المرتفع، (١٠) التردد المتوسط، (١١) التردد المنخفض، (١٢) التردد المنخفض جدا، (١٣) النطاق المسموع، (١٤) طول الموجة، (١٥) الاستخدام، (١٦) في مرحلة التجارب، (١٧) التجارب للملاحة - من قمر صناعي إلى آخر - وصلات الموجات المتناظرة القصير - من الأرض إلى القمر الصناعي - الرادار - اتصالات الراديو للمحركات، (١٨) الإرسال التليفزيوني في نطاق فوق المرتفع واتصالات الراديو للمحركات، (١٩) المحركات - الاتصالات الجوية، (٢٠) الإرسال التليفزيوني في نطاق التردد المرتفع جدا والإرسال الإذاعي بموجات FM - اتصالات الراديو للمحركات، (٢١) الأعمال - اتصالات الراديو للهواة - الراديو الدولي - نطاق المواطن، (٢٢) الإرسال الإذاعي بموجات AM، (٢٣) الملاحة الجوية - الكتابة عن بعد بالراديو، (٢٤) التردد، (٢٥) موجات الراديو متناهية القصر، (٢٦) موجات الراديو القصيرة، (٢٧) موجات الراديو الطويلة.

الفصل الثالث

الاتصالات السلكية

لاتزال الاتصالات السلكية تمثل العمود الفقري للاتصالات فى شتى أنحاء العالم. وكما ذكرنا فى الفصل الأول، فقد بدأت الاتصالات تاريخيا بالتلغراف والتليفون السلكيين ثم أضيفت إليهما فى العصر الحديث خدمات أخرى مثل الفاكس والفيديو، ليصبح لدينا شبكة اتصالات متكاملة. وقد تكون الاتصالات سلكية فى جميع مراحلها بين طرفى الاتصال، أو سلكية فى مرحلة ولاسلكية فى مرحلة أخرى. فإذا أراد مشترك بمصر أن يتصل تليفونيا بآخر فى الولايات المتحدة الأمريكية مثلاً، فإن مكالمته تسير فى الشبكة السلكية المصرية، لتخرج منها لاسلكياً عبر الأقمار الصناعية، ثم تكمل رحلتها عبر الشبكة السلكية الأمريكية حتى تصل للمشارك المطلوب. وحتى فى داخل المدينة الواحدة، يستطيع المشارك فى تليفون سلكى الاتصال بمشارك آخر على تليفونه المحمول، والعكس صحيح أيضاً.

مما تقدم يتضح أن الاتصالات السلكية لها أهميتها التى ستستمر فترة طويلة من الزمن. وفى الاتصالات السلكية، تكون قناة الاتصال عبارة عن أسلاك نحاسية أو ألياف ضوئية. غير أن الثانية (أى الألياف الضوئية) بدأت تحل محل الأولى تدريجياً، خاصة فى الوصلات التى تحمل حركة اتصال

كثيفة. ومع الزيادة المتوقعة فى الخدمات ستزيد حركة الاتصالات حتى على مستوى المشترك الواحد، مما يشجع على زيادة رقعة استخدام الألياف الضوئية لتصل إلى المشترك العادى. وسنعرض فى هذا الفصل لمثلين مهمين للاتصالات السلكية هما: الاتصالات التليفونية والفاكس.

الاتصالات التليفونية

تتكون أى شبكة للاتصالات من ثلاثة عناصر أساسية هى: الأطراف - وفى حالتنا هذه هى العدد التليفونية - ونظم الإرسال، أما العنصر الثالث فهو نظم التحويل التى تعتمد على المحولات. والمحولات هى التى تربط بين الأطراف، وفى حالة التليفونات تسمى تجاوزا «السنترالات» لأنها غالبا ما تكون مركزية. وسنتحدث عن كل عنصر من هذه العناصر فيما يلى :

عدة التليفون:

التليفون بمعناه البسيط هو جهاز يربط الإنسان بالعالم الخارجى بواسطة زوج من الأسلاك. وتتكون عدة التليفون من السماعه، وحامل لها يحتوى على جهاز للإشارات به قرص أو أزرار ضاغطة. وفى بعض عدد التليفون تحتوى السماعه على جهاز الإشارات. وتتكون السماعه من محولين للطاقة: أحدهما المستقبل، وهو ما يوضع على الأذن ويقوم بتحويل الطاقة الكهربائية إلى طاقة صوتية ؛ وثانيهما المرسل، وهو ما يوضع أمام الفم ويقوم بتحويل الطاقة الصوتية إلى طاقة كهربية. والمرسل عبارة عن ميكروفون يتكون من غشاء رقيق توجد خلفه حبيبات كربونية حرة الحركة يصلها - عند رفع السماعه - تيار مستمر من بطارية مركزية موجودة بالسنترال المحلى الذى يتبعه تليفون المشترك. وعندما يتحدث المشترك، فإن الموجات

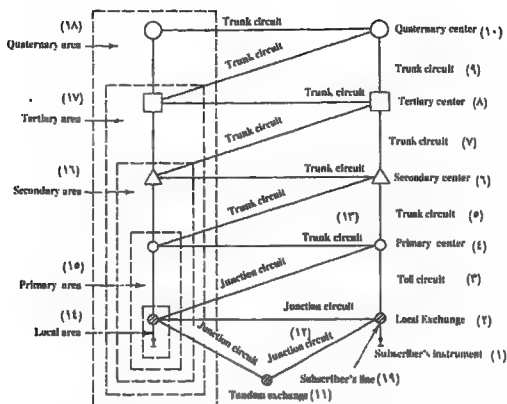
الصوتية تُحدث تغيراً في ضغط الهواء الذى يؤثر بدوره على غشاء المرسل فيتذبذب. ويضغط الغشاء المتذبذب على الحبيبات الكربونية فيؤدى إلى تغير فى مقاومتها، ويصاحب ذلك تغير فى التيار الكهربى يتناسب مع شدة موجات الصوت الأصلية.

أما المستقبل، فيتكون من غشاء رقيق مصنوع من مادة مغناطيسية، عادة ما تكون سببكية حديدية. ويحيط بالغشاء مجالان مغناطيسيان أحدهما ثابت والآخر قابل للتغير. وعندما تصل الإشارة الكهربائية التى تمثل صوت المرسل - وهى كما ذكرنا تكون فى صورة تيار كهربى متغير - فإنها تجد طريقها إلى ملفات المجال المغناطيسى للمستقبل حيث تُحدث تغيراً به. يتذبذب الغشاء المغناطيسى الرقيق بفعل التغير فى المجال المغناطيسى، ويصاحب ذلك حدوث تغير فى ضغط الهواء يؤدى إلى إصدار موجات صوتية تكاد تكون نسخة طبق الأصل من الصوت المرسل.

نظم الإرسال:

قبل أن نبدأ الحديث عن أنواع الربط بين المشتركين فى الاتصالات التليفونية والسنترالات المحلية، أو بين السنترالات وبعضها البعض، فإنه يجدر بنا أن نقدم وصفاً مبسطاً لشبكة التليفونات وتكوينها الهرمى.

ويوضح الشكل (٣-١) (التكوين الهرمى للسنترالات طبقاً لمواصفات الهيئة الاستشارية الدولية للتغراف والتليفون (CCITT). وهذا النظام تطبقه جميع دول العالم باستثناء دول أمريكا الشمالية التى تتبع نظاماً آخر يشبه إلى حد كبير النظام الدولى. وكما يتضح من الشكل، فهناك سنترالات تتصل مباشرة بالمشتركين، وهى ما يطلق عليها سنترالات محلية (Local Exchange)، وسنترالات أخرى للعبور - تسمى أيضاً سنترالات الترنك - (Transit or Trunk Exchange).



شكل (٣-١) : الشبكة الهرمية للسنترالات التليفونية ومناطقها المقابلة، طبقاً لمواصفات الهيئة الاستشارية الدولية للتغراف والتليفون [مرجع ٦]

(١) عدة المشترك، (٢) سنترال محلي، (٣) دائرة سنترال، (٤) سنترال الترنك الأول، (٥) دائرة ترنك، (٦) سنترال الترنك الثاني، (٧) دائرة ترنك، (٨) سنترال الترنك الثالث، (٩) دائرة ترنك، (١٠) سنترال الترنك الرابع، (١١) سنترال مترادف، (١٢) دائرة وصل، (١٣) دائرة ترنك، (١٤) المنطقة المحلية، (١٥) المنطقة الأولى، (١٦) المنطقة الثانية، (١٧) المنطقة الثالثة، (١٨) المنطقة الرابعة، (١٩) خط المشترك

وهذه الأخيرة تنقسم إلى مستويات يعتمد عددها على الكثافة والتوزيع الجغرافي للمشاركين داخل الدولة. ففي الدول الكبيرة الحجم يزداد عدد هذه المستويات، بينما يقل في الدول الصغيرة. وترتبط السنترالات في كل مستوى بشبكة تربط فيما بينها، وبينها وبين سنترالات المستوى الأعلى والأدنى. وعادة ما يقل عدد السنترالات في كل مستوى عن العدد الموجود في المستوى الأدنى منه. وأعلى المستويات قاطبة هو الذي يقع في قمة التسلسل الهرمي، وهو يربط الدولة بباقي

الدول. أما أدنى المستويات، فهو المستوى الذى يتم ربطه بالسنترالات المحلية مباشرة. وفى بعض الأحيان يتم الاستعانة بسنترالات مترادفة (Tandem Exchange)، للربط بين السنترالات المحلية التى تتميز بكثافة حركية عالية، وذلك حتى تقسح طريقا بديلا للحركة، كما هو موضح بالشكل (٣-١).

وفى بداية الأمر، حينما كان عدد المشتركين قليلا وشبكة التليفونات أقل تعقيدا، كان يتم اللجوء إلى الأسلاك المكشوفة المثبتة فوق أعمدة (Open Wire) للربط بين المشتركين والسنترال المحلى. أما الآن، وباستثناء بعض المناطق النائية، فإنه قد تم إحلال الكابلات متعددة أزواج الأسلاك محل الأسلاك المكشوفة. ويحتوى الكابل الواحد على عدد قد يصل إلى أكثر من ٢٧٠٠ زوج من الأسلاك.

وعادة ما تتكون حلقة المشترك (Subscriber Loop) - وهى التى تربط المشترك بالسنترال المحلى - من زوج من الأسلاك يحمل المكالمات فى الاتجاهين. أما بالنسبة للموصلات بين السنترالات للمسافات البعيدة، فتتكون من زوجين من الأسلاك، زوج لكل اتجاه ؛ لأن كل زوج يحمل فى هذه الحالة عدة مكالمات. ويتم التحويل من خط المشترك ذى الزوج الواحد إلى خط الترنك ذى الزوجين بواسطة وصلة بينية (Interface) فى السنترال المحلى.

وفى الحالات التى يزداد فيها عدد الدوائر الصوتية فى خطوط الترنك، يتم استعمال الكابلات المحورية (Coaxial Cables) التى تتحمل نطاقا تردديا أكبر بكثير من الكابلات ذات الأزواج السلكية. وقد تم استخدام الكابلات المحورية للمرة الأولى بالولايات المتحدة عام ١٩٤١، لنقل ٤٨٠ دائرة صوتية لمسافة تزيد على ٢٠٠ ميل. ولمقاومة الضعف الذى يحدث للإشارة، تم وضع مكبرات مكررة (Repeater Amplifiers) تفصل فيما بينها مسافة مقدارها ٥,٥٠ ميل. وبالمقارنة، نجد أن الأسلاك المكشوفة سعتها القصوى ١٢ دائرة

صوتية، أما الكابلات ذات الأسلاك فتبلغ سعتها القصوى ٢٤ و ٩٦ دائرة صوتية للإرسال التناظري والإرسال الرقمي على الترتيب. وهذا يبين التفوق الواضح للكابلات المحورية في حالة ازدياد الدوائر الصوتية المطلوبة. وبمرور السنين، تمت زيادة سعة الكابلات المحورية باطراد، وذلك عن طريق زيادة قطر الكابل وتقليل المسافة بين المكبرات المكررة وتحسين أداء المكبرات.

ونظرا للأهمية الاقتصادية لاتصالات الراديو، فإنه يتم استخدام وصلات الميكرويف لنقل الدوائر الصوتية أيضا. وقد بدأ استخدام هذه الوصلات في الولايات المتحدة عام ١٩٤٨ أساسا لنقل البرامج التليفزيونية، وحاليا يتم نقل أكثر من ٦٠٪ من الدوائر الصوتية هناك عن طريق هذه الوصلات. وفي وصلات الميكرويف يتم الاستقبال والإرسال بين المكررات المتتابعة^(١) على مدى البصر، وتتراوح المسافة بين أبراج هذه المكررات بين ٣٠ و ٥٠ كم تبعا للطبيعة الجغرافية للمنطقة المراد تغطيتها.

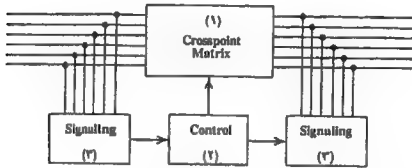
وفي العقود الأخيرة تم اللجوء للألياف الضوئية في نقل الرسائل الصوتية، وذلك نظرا للاتساع الكبير في نطاقها الترددي مقارنة بالوسائل الأخرى التي سبق ذكرها، وهو ما يشجع على استخدامها في الاتصالات الرقمية. هذا فضلا عما تتميز به هذه الألياف من انعدام التداخل تقريبا، وقلة الفقد في الإشارة، مما يساعد على أن تكون المسافة بين المكررات كبيرة، فيقل عددها وتنفذ بالتالي تكاليف صيانتها. وفي عام ١٩٨٦، انتهت شركة دايه تي أند تي (AT & T) في الولايات المتحدة من إنشاء شبكة الإرسال بالألياف الضوئية عبر البلاد، ومن المتوقع في السنوات القليلة القادمة، أن يتم استخدام

(١) المكرر في وصلات الميكرويف هو عبارة عن جهاز استقبال وإرسال مزدوج بهوائي (أو أكثر) يتم تثبيتهما على برج مرتفع. يتلقى جهاز الاستقبال الإشارة الضعيفة من المكر الذي يسبقه في اتجاه محطة الإرسال الرئيسية، ثم يقوم بالمرسل (بعد تنقية الإشارة من الضوضاء) بتكبير الإشارة وإعادة إرسالها لتكمل مسيرتها إلى المكر التالي.. وهكذا حتى يتم الوصول إلى المنطقة المراد تغطيتها.

الالفايف الضوئية بدلا من الخطوط الأرضية التي تعاني من كثافة عالية فى الحركة. وسيستمر استخدام شبكات الراديو فى المناطق منخفضة الحركة، أو التي تتسم بطبيعة جغرافية وعرة.

نظم التحويل:

لابد لأى نظام للتحويل من أن يقوم بثلاث وظائف رئيسية هي: استقبال وإرسال الإشارات المختلفة، والتحكم، والتحويل. وهذه العناصر الثلاثة يوضحها الشكل رقم (٢-٣) وتتم عادة داخل السنترال.



شكل (٢-٣) : مكونات نظام التحويل [مراجع ٢]

(١) مصفوفة النقط المتقاطعة، (٢) التحكم، (٣) الإشارات

- ترسل الإشارات عادة بين المشتركين أو بين السنترالات لنقل معلومات التحكم. ويمكن تقسيم وظائف الإشارات إلى نوعين: أولهما يختص بالتحكم والمتابعة، وثانيهما يختص بحمل المعلومات. ومن أمثلة النوع الأول: إشارة طلب الخدمة التي ترسل عند رفع السماعة (Off-hook)، ونغمة الاستعداد لطلب الخدمة (أى طلب الرقم المطلوب) (Dial Tone)، وإشارة الجرس (Ringing Tone)، وإشارة نهاية المكالمة (On-hook)، وإشارة انشغال الخط (Busy Tone).

ومن أمثلة النوع الثانى (أى الإشارات التى تحمل معلومات): رقما المشترك – الطالب والمطلوب – وحساب مدة المكالمة وبالتالى قيمتها.

وبالإضافة إلى ما سبق، هناك الإشارات بين السنتيرالات للصيانة والاختبار، ومراقبة انشغال خطوط الترنك أو حدوث فشل فى المعدات. كما قد تحمل الإشارات معلومات عن المسارات أو التحكم فى الحركة.

وقبل أن نختتم الحديث عن موضوع الإشارات، يهمنى أن نوضح أن المشترك عندما يطلب رقما لمشترك آخر، فإن هذا الرقم قد يتم إرساله فى صورة نبضات أو ترددات معينة لكل رقم [Dual Tone Multifrequency (DTMF)]. وهذا النوع الأخير يوجد فى العدد التليفونية المزودة بالأزرار الضاغطة فقط.

● أما العنصر الثانى من عناصر نظم التحويل، فهو التحكم الذى يستقبل الإشارات الداخلة، وبناء على ذلك يتم عمل التوصيلات المناسبة فى منصوفة التحويل مصحوبة بالإشارات الخارجة اللازمة. وفى أنظمة التليفونات القديمة، حينما كان عدد المشتركين محدودا، كان عامل التليفون هو الذى يقوم بعملية التحكم يدويا. وقد تطور التحكم بعد ذلك ليصبح أوتوماتيكيا. وفى البداية كان التحكم يتم كهروميكانيكيا، ومن أمثلة ذلك نظام الخطوة خطوة (Step-by-Step)، حيث تقوم ما تعرف بـ «المرحلات» (Relays) باستقبال الإشارات الكهربائية وعمل التوصيلات اللازمة. ويتسم هذا النظام بالبطء خاصة حينما يكون عدد المشتركين كبيرا. ومن أمثلة التحكم الكهروميكانيكى أيضا نظام القضبان المتقاطعة (Cross Bars)، وهو يتفوق على سابقه فى السرعة والسعة. أما أحدث طرق التحكم، فيعرف ببرنامج التحكم المخزون (Stored Program Control) الذى بدأ استخدامه فى الولايات المتحدة عام ١٩٦٥، حيث يقوم حاسب رقمى بعملية التحكم. وقد

أتاح ذلك كثيرا من الخدمات الإضافية التي لم تكن متوافرة من قبل. وعلى سبيل المثال لا الحصر: إعطاء رقم مختصر للمشارك، أو تحويل المكالمات إلى رقم ثان في حالة عدم وجود الشخص المطلوب في الرقم الأول، أو اشتراك عدة أطراف في المكالمة - وهو ما يطلق عليه «نظام المؤتمرات».

● والعنصر الثالث من عناصر نظام التحويل هو مصفوفة التحويل، ويتم عن طريقها التوصيل بين الخطوط الداخلة والخارجة بناء على إشارات التحكم. وقد تطورت مصفوفة التحويل تطورا ماثلا وموازيا للتطور الذي شهده نظام التحكم. فبعد أن كان التوصيل يتم يدويا، أصبح كهروميكانيكيا أو توماتيكيا ثم إلكترونيا. وفي التوصيل الإلكتروني، يتم التوصيل في نقاط التقاطع لمصفوفة التحويل بواسطة دوائر منطق رقمية^(٢) (Digital Logic Circuits).

اتصالات الفاكس

كلمة فاكس هي اختصار لكلمة فاكسيميلي (Facsimile) وتعني نَسْخَا طبق الأصل. وقد أصبح المصطلح يطلق على نقل الصور الثابتة من مكان إلى آخر خلال شبكة التليفونات السلكية. والصورة هنا قد تكون خطابا مكتوبا، أو خريطة طقس، أو نصا لغويا تصعب كتابته بالطرق التقليدية مثل اللغة الصينية. ومن أهم تطبيقات الفاكس أيضا التقارير والصور التي يرسلها المراسلون الصحفيون من مواقع الأحداث في لحظة وقوعها إلى المركز الرئيسي للصحيفة تمهيدا لنشرها بسرعة.

(٢) تقوم هذه الدوائر - تبعاً لإشارات التحكم - بعمل التوصيلات اللازمة في مصفوفة التحويل في اتجاه الطرف المطلوب حتى يتم الربط بينه وبين الطالب. وهي تتكون من أشباه الموصلات بدلا من المرحلات أو القضبان المتقاطعة.

ويعتمد الإرسال بالفاكس على مسح ضوئي للصورة المراد إرسالها، التي تنزلق بدورها على أسطوانة متحركة مسلط عليها بقعة ضوئية خلال مجموعة من العدسات. وهكذا تكون شدة الضوء المنعكس من الصورة متناسبة مع أشكال الحروف أو المنحنيات أو الأرقام الموجودة بها. وعن طريق محول للطاقة، تتحول الإشارة الضوئية الخارجة إلى إشارة كهربية - شأنها في ذلك شأن الإشارة التليفونية - وتنتقل عبر نفس الشبكة التليفونية سواء كانت سلكية بالكامل أو سلكية ولاسلكية، تبعا للمكان المراد إرسالها إليه.

وفي جهاز الاستقبال تتم خطوات مشابهة إلى حد كبير لما تم في عملية الإرسال ولكن بطريقة معكوسة، حتى يمكن استخلاص الصورة المرسل.

وعادة ما يكون جهاز الفاكس الواحد مشتملا على الخاصيتين معا، أى الإرسال والاستقبال، حيث يمكن بواسطته أن نرسل أو نستقبل. وفي الجيل الأول من أجهزة الفاكس كانت درجة الحدة ٢,٨٥ خط / مم، وكان إرسال ورقة واحدة من حجم الكوارتر (A4) يستغرق نحو ٦ دقائق. والمقصود بدرجة الحدة هو عدد الخطوط التي يمكن تمييزها (أى مسحها ضوئيا) في كل ملليمتر من الصفحة المراد إرسالها. أما في الجيل الثانى من أجهزة الفاكس، فقد قل زمن إرسال الورقة ليصبح حوالى ٣ دقائق. وفي الجيل الثالث أصبح الإرسال رقميا، وارتفعت درجة الحدة إلى ٧,٧ خط / مم عند معدل إرسال ٤,٨٠ كيلو بت / ثانية. كما نقص زمن إرسال الصفحة من حجم الكوارتر إلى أقل من دقيقة، بل وصل إلى نحو ١٠ ثوان فقط في بعض الأجهزة الحديثة.

وفي الأجهزة الرقمية الحديثة يتم مسح الصفحة خطا خطا من أعلاها إلى أسفلها، باستخدام ضوء خاص خلال مجموعة من العدسات والمرايا. وتحس الخلية الضوئية (PhotoCell) - محول الطاقة - بالضوء المنعكس من الورقة عند أى نقطة. فإذا كانت الورقة بيضاء عند نقطة ما، فإن الجهد

الكهربى لخرج الخلية الضوئية يكون عاليا ويمثل بالرقم الثنائى واحد «1». وإذا كانت هناك علامة خطية عند نقطة أخرى، فإن الجهد الكهربى لخرج الخلية الضوئية يكون منخفضا ويمثل بالرقم الثنائى صفر «0». والمحصلة هى سلسلة من الأرقام الثنائية «1» و «0» تقابل المساحات البيضاء والمكتوبة فى الخط الواحد. ويكون كل خط يتم مسحه مقسما إلى ٢٠٠ نقطة فى كل بوصة (حوالى ٨٠ نقطة لكل سنتيمتر، أو ٨ نقاط لكل ملليمتر). ومعنى هذا أن ورقة يبلغ عرضها ٨,٥ بوصة ينتج عنها ١٧٠٠ بت / خط. والبت تمثل أيا من الرقمين الثنائيين «1» أو «0».

وفى جهاز الفاكس المستقبل، يقوم شعاع ضوئى بمسح سطح أسطوانة بالتزامن مع الشعاع الماسح فى جهاز الإرسال. وشعاع الضوء يضىء أو ينطفئ عند استقبال «1» أو «0». بينما تدور الأسطوانة ببطء كلما بدأ خط جديد. وفى نهاية المسح تكون الأسطوانة قد حملت شحنات كهربية على سطحها تمثل معلومات الصورة كاملة. وبعد ذلك يتم استخدام هذه الشحنات الكهربية لنقل الحبر إلى الورقة. ويمكن للمستخدم اختيار درجة الحدة المطلوبة للخطوط فى الاتجاه الرأسى.

وجدير بالذكر أن القيم القياسية فى الصناعة تبلغ حوالى ١٠٠، ٢٠٠، ٤٠٠ خط لكل بوصة. فإذا كان طول الورقة مثلا ١١ بوصة، فإن عدد الخطوط التى يتم مسحها لأقل درجة حدة (أى ١٠٠ خط / بوصة) يبلغ ١١٠٠ خط، ويكون عدد البتات المرسلة لكل صفحة هو $1100 \times 1700 = 1,87$ ميجا بت (M bits). وإذا أرسل هذا العدد بمعدل ٢٤٠٠ بود^(٢) - وهو المعدل القياسى للخط التليفونى - فإن إرسال صفحة واحدة يستغرق نحو ١٢ دقيقة^(٤)، وهى مدة طويلة جدا. ولكن باستخدام أساليب ضغط البيانات (Data Compression)،

(٢) البود هو وحدة قياس سرعة نقل الإشارات، ويساوى البت/ثانية فى حالة الإشارات الثنائية.

(٤) الزمن اللازم للإرسال = $\frac{1.87 \times 10^6}{2400} = 12.986$ دقيقة.

أمكن تقليل زمن الإرسال بدرجة كبيرة. ومن هذه الأساليب، أن يتم تخزين البتات لكل خط في ذاكرة المعالج الدقيق لجهاز الفاكس (Fax Microprocessor) الذى يقوم بفحص هذه السلسلة من البتات الثنائية المكونة من «1» و«0». وبدلاً من إرسال كل هذه السلسلة، فإنه يتم إرسال عدد البتات المكون من الرقم «1»، والعدد الآخر المكون من الرقم «0» لكل خط. فيكون العدد المرسل من البتات أقل بكثير من ١,٨٧ ميجا بت، فيقل تبعاً لذلك زمن الإرسال. وتجدر الإشارة إلى أن جهاز الفاكس المستقبل يكون مبرمجاً ليقوم بالعملية العكسية لضغط البيانات، وبالتالي يعيد سلسلة البيانات إلى شكلها الأصلي.

الفصل الرابع

الاتصالات اللاسلكية

على الرغم من أن الاتصالات اللاسلكية تتأثر بالتغيرات الجوية، فإنها أصبحت تشكل عنصرا أساسيا من عناصر شبكة الاتصالات. ويرجع ذلك إلى أنها أقل تكلفة وأسهل صيانة من الاتصالات السلكية. كما أنها الوسيلة الوحيدة للاتصالات في الأماكن الوعرة التي يصعب أن تم فيها الأسلاك أو الكابلات. ولنا أن نتصور كيف كان يمكن للاتصالات بجميع أنواعها أن تتم عبر القارات - في ظل المسافات الشاسعة وكثرة العوائق - دون أن تكون لاسلكية.

وقد كانت بداية البث الإذاعي والتلفزيونى فى النصف الأول من القرن العشرين أهم تطبيقات الاتصالات اللاسلكية. وبعد أن كان البث متواضعا فى مداه ويقتصر على حدود الدولة، قفز قفزة كبيرة عبر الأقمار الصناعية ليصل مداه إلى دول أخرى كثيرة، بل يمكنه الآن أن يشمل سطح الكرة الأرضية برمتها - وهو ما يطلق عليه البث عبر القنوات الفضائية.

وفى العصر الحديث، اتسعت دائرة الاتصالات اللاسلكية لتشمل اتصالات المحمول التى مكنت الإنسان من أن يحمل فى جيبه محطة متنقلة للاتصالات ترافقه فى حله وترحاله. ولم تعد اتصالات المحمول مقصورة على المكالمات التلفونية، بل امتدت إلى تبادل الرسائل المكتوبة والصور.

وفى هذا الفصل سينصب اهتمامنا على البث الإذاعى والتليفزيونى. وستكون الاتصالات عبر الأقمار الصناعية هى محور الفصل الخامس. أما اتصالات المحمول فسنفرد لها الفصل السادس.

البث الإذاعى

بدأ البث الإذاعى فى مستهل العقد الثالث من القرن العشرين. وكما أسلفنا القول، فإنه يعد من أهم تطبيقات الاتصالات اللاسلكية التى كان - ولا يزال - لها أثر كبير فى حياتنا. وتتميز البرامج الإذاعية التى يسمعها الإنسان من مذياع صغير يتنقل به بسهولة داخل منزله أو خارجه، أو يضعه فى سيارته، بأنها لا تعيقه فى كثير من الأحيان عن أداء عمله. ومن أمثلة ذلك ما نراه من حب الحرفيين والمشتغلين بالأعمال اليدوية لمتابعة البرامج الإذاعية أثناء عملهم. وكذلك حرص قائدى السيارات، خاصة فى المسافات الطويلة، على الاستماع إلى الإذاعة مما يهون عليهم مشقة القيادة لمدة طويلة دون أن يلهيهم عن متابعة الطريق. وبالمقارنة بالبرامج التليفزيونية، نجد أن الأخيرة تحتاج متابعتها إلى تركيز فى السمع والبصر، كما أنها تستأثر باهتمام المشاهد فلا يستطيع أن يمارس عملاً آخر. هذا فضلاً عن أن الجلوس أمام التليفزيون لمدة طويلة فيه إجهاد للبصر وتشجيع على الخمول والكسل.

وإذا انتقلنا إلى أنواع الموجات التى تبثها الإذاعات المختلفة ويستقبلها المذياع - أو «الراديو» بلغتنا الدارجة - نجدها ثلاثة. أولاهما هى - (Amplitude Modulation) «AM» (ed)، وهى التى يتم فيها تشكيل سعة الموجة الحاملة (Carrier) بالإشارة التى تحمل المعلومة سواء كانت صوتاً أو موسيقى. وهذا النوع من البث الإذاعى هو أكثر الأنواع استخداماً وشيوعاً. أما النوع الثانى من البث الإذاعى، فهو إرسال موجة «FM» (Frequency Modulated) وفيه يتم تشكيل تردد الموجة الحاملة طبقاً للإشارة التى تحمل المعلومة. والنوع الثالث والأخير

هو استخدام الموجات القصيرة «SW» (Short Waves) في البث الإذاعي، وهو أقل الأنواع استخداماً.

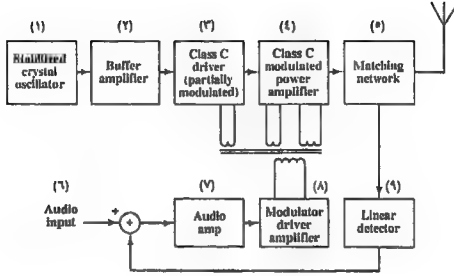
وفى الفقرات التالية سنتحدث عن كل نوع بتفصيل أكثر.

البث الإذاعي بنظام AM :

يستخدم هذا النظام الموجة المتوسطة فى المدى من ٥٥٠-١٦٠٠ كيلوهيرتز، أى يتراوح طول الموجة فى هذه الحالة بين ١٨٧,٥٠ - ٥٤٥,٥٠ متر. ويبلغ اتساع النطاق الترددى للإشارة^(١) المجموعة الأساسية (Audio Baseband Signal) - أى قبل تحميلها على الموجة الحاملة - ٥ كيلوهيرتز. وعادة ما يستخدم التشكيل أو التضمين ثنائى الجانب [Double Sideband (DSB)، فيصبح اتساع النطاق الترددى للإشارة عند إرسالها ١٠ كيلوهيرتز يتوسطها تردد الموجة الحاملة. فإذا افترضنا مثلاً أن تردد الموجة الحاملة يبلغ ٩٠٠ كيلوهيرتز، فإن مدى النطاق الترددى للإشارة المرسل بعد التشكيل يتراوح بين ٨٩٥-٩٠٥ كيلوهيرتز. ولذلك، فإن الفرق بين تردد الموجتين الحاملتين لمحتوى إذاعة مختلفتين يجب ألا يقل عن ١٠ كيلوهيرتز حتى لا يحدث تداخل عند استقبال البث الإذاعي لمحطات مختلفة. وتتراوح قوة محطة الإرسال بين بضع مئات من الوات (Watt) للمحطات المحلية الصغيرة، وأكثر من ١٠٠ كيلووات للمحطات التى تبث إرسالها عبر دول مختلفة.

ويمثل الشكل (٤-١) رسماً مبسطاً لجهاز الإرسال الإذاعي. وهو يتكون من مذبذب كريستالى مستقر (Stabilized Crystal Oscillator) لتوليد الموجة

(١) أى الفرق بين أكبر تردد وأصغر تردد تحتويه الإشارة. وفى الرسالة الصوتية يكون التردد الأصغر قريباً من الصفر، بينما لا يتجاوز التردد الأكبر ٥ كيلوهيرتز، وبذلك يكون عرض النطاق الترددى للإشارة ٥ كيلوهيرتز.



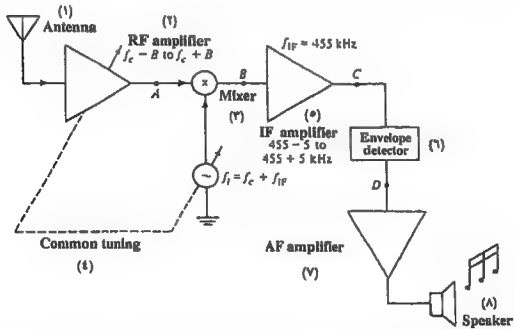
شكل (٤ - ١) : جهاز إرسال إذاعي بنظام AM [مراجع ٢٤]

(١) مذئب كرىستالى مستقر. (٢) مكبر عازل. (٣) مُشغِّل للمكبر من طراز C (معدل جزئىا). (٤) مكبر للقدرة من طراز C للإشارة المعدلة. (٥) دائرة موادسة. (٦) الدفئل المسموع (الصوتى). (٧) مكبر صوتى. (٨) مكبر مُشغِّل للمحل. (٩) كاشف خطى.

الحاملة، يلىه سلسلة من المكبرات للحصول على قدرة عالية عند الإرسال. وهناك أيضا الإشارة المسموعة المراد إرسالها التى يتم إدخالها على مكبر أيضا، ثم يتم تضمينها أو تشكيلها للموجة الحاملة. ولزيادة كفاءة تشغيل جهاز الإرسال، تتم مقارنة الإشارة المسموعة بعيئات مرتدة منها بعد استعادتها، أو كشفها خلال ما يعرف بالكاشف الخطى (Linear Detector). وعادة ما يكون هوائى جهاز الإرسال مرتفعا وبعيدا عن مقر الإذاعة، حيث تخرج الإشارات من استديوهات الإذاعة منخفضة القدرة نسبيا ويتم إرسالها عبر وصلة لاسلكية إلى جهاز الإرسال الرئيسى. وفى مصر، على سبيل المثال، يتم الإرسال من مقر مبنى الإذاعة والتلفزيون بكورنيش النيل إلى محطة الإرسال الرئيسة المقامة فوق جبل المقطم، ومنها يتم البث عبر شبكة لاسلكية تشمل جميع أنحاء البلاد.

أما أجهزة الاستقبال فأغلبها يعمل بنظام اقتران الترددات (Superhetero-dyne) حيث يتم تخفيض تردد الموجة الحاملة (المتغيرة من محطة إلى أخرى) إلى تردد متوسط ثابت يبلغ ٤٥٥ كيلوهرتز [Intermediate Frequency (IF)] خلال دائرة تعرف بدائرة الخلط (Mixer) - كما هو مبين بالشكل (٤ - ٢) . وحتى مرحلة التردد المتوسط تكون الموجة الحاملة متضمنة للإشارة المراد سماعها. وبعد تكبير الإشارة المركبة عند هذه المرحلة، يتم كشف الإشارة المسموعة - أى فصلها عن الموجة الحاملة - وتسمى هذه العملية فك التضمين (Demodulation). وبعد ذلك يتم تكبير الإشارة المسموعة، وخلال المجهار (Loud-speaker) - مكبر أو مضخم الصوت - يتم سماع الرسالة الإنذاعية.

وقد تطور شكل جهاز «الراديو» تطورا كبيرا مع تطور تكنولوجيا الإلكترونيات. ففي البداية، كان الصمام المفرغ (Vacuum Tube) هو العنصر



شكل (٤ - ٢) : المكونات الأساسية للمستقبل سوبرهيتيروداين [مرجع ٢٦]
 (١) هوائي، (٢) مكبر للترددات الراديوية، (٣) خالط، (٤) مولدة عامة (مشتركة)، (٥) مكبر للترددات المتوسطة، (٦) كاشف للغلاف، (٧) مكبر صوتي، (٨) المتحدث (السماعة أو المجهار)

الأساسى فى صناعة جهاز «الراديو»، الذى كان حجمه كبيرا ووزنه ثقيلًا وكأئنه قطعة من أثاث المنزل. وكان لابد من توصيل الجهاز بالتيار الكهربى الأساسى للمنزل - أى بمصدر كهربى فرقى جهده ٢٢٠ فولت - مما كان يجعل من نقله عملية شاقة حتى فى داخل الحجرة الواحدة. هذا بالإضافة إلى كثرة تعرض الجهاز للأعطال واحتراق صماماته مما جعل صيانتها مكلفة وشاقة.

وأحدث اختراع الترانزستور فى الأربعينيات من القرن العشرين ثورة فى تصميم «الراديو»، حيث تم استبدال الصمام بالترانزستور فصغر حجم الجهاز وخف وزنه. كما أمكن استخدام البطاريات الجافة الصغيرة كمصدر للطاقة الكهربائية اللازمة لتشغيله، فأصبح من السهل حمله والتنقل به من مكان إلى آخر. وثلت ذلك مرحلة استخدام رقائق الدوائر المتكاملة عالية الكثافة (VLSI) ، التى مكنت من تصميم دوائر معقدة ومتطورة داخل حيز صغير لا يتجاوز عدة ملليمترات طولًا وعرضًا وارتفاعًا.

البث الإذاعى بنظام FM :

يقع البث الإذاعى بهذا النظام فى النطاق الترددى من ٨٨-١٠٨ ميگاهيرتز. ويفصل ما بين تردد الموجة الحاملة لمحتلين متجاورتين ٢٠٠ كيلوهيرتز، وذلك حتى لا يحدث تداخل بينهما. وأقصى حيود لتردد الموجة الحاملة نتيجة لتشكيله بالإشارة، لا يتجاوز ± 75 كيلوهيرتز^(٧). ونظرًا لأن ترددات الموجات الحاملة فى هذا النظام تقع فى نطاق الترددات العالية (أو المرتفعة) جدا (VHF) فإن انتشار الموجات يتم على مدى البصر، أى يجب ألا تكون هناك عوائق من جبال أو هضاب وغيرها بين جهازى الإرسال والاستقبال. وتصل تغطية محطة الإرسال إلى دائرة لا يتجاوز نصف

(٧) أى أننا إذا افترضنا أن تردد للموجة الحاملة قبل التشكيل أو التضمين هو ١٠٠ ميگاهيرتز، فإن هذا التردد بعد تضمينه بالإشارة يتأرجح بين ١٠٠ ميگاهيرتز - ٧٥ كيلوهيرتز، و ١٠٠ ميگاهيرتز + ٧٥ كيلوهيرتز.

قطرها ٨٠ كيلومترا. وأغلب برامج البث الإذاعي بنظام «FM» (تشكيل التردد) تكون موسيقية، نظرا لنقاء الصوت ووضوحه مقارنة بنظام «AM». ويبلغ اتساع النطاق الترددي للإشارة الأساسية المراد نقلها ١٥ كيلوهيرتز، مقارنة بخمسة كيلوهيرتز في حالة نظام «AM».

وجدير بالذكر أن عناصر جهازى الإرسال والاستقبال فى نظام «FM» تتشابه إلى حد كبير مع مثيلاتها فى نظام «AM»، باستثناء طرق التضمين (فى حالة الإرسال) وفك التضمين (فى حالة الاستقبال). بالإضافة إلى أن نظام «FM» يعمل فى نطاق ترددي أعلى بكثير من مثيله فى نظام «AM». وهذا يجعل نظام «FM» أكثر تعقيدا فى تصميمه ودوائره مقارنة بنظام «AM». وفى أجهزة الاستقبال يكون التردد المتوسط ١٠,٧٠ ميغاهيرتز، واتساع النطاق الترددي فى هذه المرحلة ٢٢٥ كيلوهيرتز حتى يمرر الإشارة المرغوبة.

ولا يفوتنا هنا أن ننوه إلى أن هناك أنواعا من أجهزة الاستقبال بنظام «FM» معدة لاستقبال إشارات الستيريو (Stereo). وفى هذا النظام من البث يتم إرسال إشارتين فى وقت واحد، ويرمز للإشارة الأولى بالإشارة اليمنى «R» (Right)، والإشارة الثانية باليسرى «L» (Left). ويمكن أن تمثل كل إشارة من هاتين الإشارتين النغمة الصادرة من مجموعة من الآلات الموسيقية المتناغمة مثلا. وعند الإرسال يتم تكوين إشارتين: الأولى $L + R$ وتقع فى النطاق الترددي من صفر - ١٥ كيلوهيرتز، والثانية $L - R$ وتقع فى النطاق الترددي من ٢٢ - ٥٣ كيلوهيرتز، وذلك بعد تضمينها بطريقة تشكيل السعة بتردد فرعى قيمته ٣٨ كيلوهيرتز. وعلى كل جانب من التردد الفرعى تقع الإشارة $L - R$ باتساع نطاق قيمته ١٥ كيلوهيرتز^(٣). بعد ذلك يتم جمع الإشارتين فى الزمن (مع ملاحظة

(٢) الإشارة $L - R$ نطلقها الترددي يقع بين صفر - ١٥ كيلوهيرتز، مثل الإشارة $L + R$. ولكى تفصل الإشارتين عن بعضهما البعض، فإننا نترك $L + R$ كما هى، بينما نقوم بتحميل $L - R$ على موجة حاملة ترددها ٣٨ كيلوهيرتز. وبعد التحميل تقع الإشارة $L - R$ مكررة على جانبي الموجة الحاملة: الأولى تبدأ من ١٥ - ٢٢ إلى ٢٨ كيلوهيرتز، والثانية من ٢٨ إلى ١٥ + ٢٨ = ٥٣. وبذلك يقع النطاق الترددي لهذه الإشارة بعد التشكيل بين ٢٢ - ٥٣ كيلوهيرتز.

أنهما منفصلتان فى التردد) ثم يتم تضمين الإشارة المركبة بالموجة الحاملة اللازمة للإرسال بنظام «FM». وفى جهاز «الراديو» المستقبل تتم عملية عكسية، حتى نحصل على الإشارتين الأساسيتين L و R ، كل على حدة، ونسمعهما خلال سماعتين (أو مجهريين) منفصلتين. وإذا كان «الراديو» غير معد لاستقبال الاستريو (أى أن له سماعة واحدة) فإن صاحبه سيستمع إلى مجموع الإشارتين، أى $L + R$.

البث الإذاعي بنظام الموجات القصيرة (SW)؛

فى كثير من الأحيان تحتاج الدول إلى بث برامج موجهة لخارج حدودها، إلى أبنائها المغتربين أو إلى مواطنى الدول الأخرى. ويقع نطاق التردد بالنسبة لهذا النوع من البث داخل نطاق التردد العالى [High Frequency (HF)]. وبالنسبة للإرسال الإذاعي بهذا النظام، فأغلب المحطات تذيع داخل النطاق من ٤,٥٠ إلى ٣٠ ميجاهيرتز، أى يتراوح طول الموجة فى هذه الحالة بين ١٠-٦٦,٧ متر. ويتم التضمين بطريقة تشكيل السعة (AM). وعادة ما يتم تقسيم هذا النطاق فى جهاز الاستقبال إلى عدة شرائح، كلما زاد عددها كان ذلك أفضل حيث يتيح هذا ضبط مؤشر الراديو على تردد محطة معينة على نحو أكثر دقة.

وكما ذكرنا فى الفصل الثانى، فإن موجات التردد العالى يتم انتشارها عبر السماء حيث تنعكس الإشارة من طبقة الأيونوسفير فى الغلاف الجوى. لذلك تتعرض الإشارة خلال رحلتها إلى مسارات متعددة قبل أن تصل إلى جهاز الاستقبال، فتعانى بذلك مما يعرف بظاهرة الخفوت. ويعتمد استقبال هذا النوع من البث إلى حد كبير على الظروف الجوية، من ارتفاع وانخفاض درجات الحرارة وهطول الأمطار وغيرها. ولذلك فلا بد أن تكون قوة محطة الإرسال كبيرة حتى يمكنها تعويض الفقد التلج عن هذه الظروف، خاصة أنه

لا تتوافر فى مثل هذه الحالة شبكة لمحطات التقوية كما هو الحال فى النظامين السابقين.

البث التليفزيونى

سنستعرض فى هذا الجزء المبادئ الأساسية لنظم البث التليفزيونى للأجهزة المستخدمة فى المنازل. ورغم وجود الكثير من الدوائر التليفزيونية المغلقة الخاصة إلا أنها جميعاً تعتمد على نفس المبادئ العامة للإرسال التليفزيونى.

والواقع أنه خلال أكثر من سبعين عاماً شهد الإرسال التليفزيونى تطوراً هائلاً، من نظم المسح الميكانيكى للصورة إلى أكثر الطرق تقدماً، مما جعل نقل الأفلام السينمائية الملونة والمعلومات أمراً ميسوراً. كما شمل التطور، ولا يزال، درجة نقاء استقبال الصوت والصورة حتى وصلت حالياً إلى مستويات متقدمة للغاية.

وتعتمد المبادئ الأساسية التى تحكم إرسال المعلومات المرئية بالإشارات الكهربائية، على خاصية «ثبات النظر» (Persistence of vision). وهذه الخاصية تعنى أن عقل الإنسان، تحت شروط معينة، لا يستطيع أن يميز بين صورة متحركة ساقطة على شبكية العين وبين سلسلة من الصور الساكنة التى تسقط بتتابع سريع. وقد تم تصميم التليفزيون بناء على هذه الخاصية للربط بين العين والعقل.

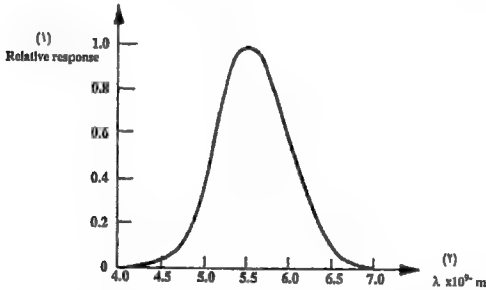
قياس الضوء واستجابة العين:

الضوء هو شكل من أشكال الموجات الكهرومغناطيسية وتقاس قوته الإشعاعية بالوات. والطاقة الضوئية يمكن أن ترى فى نطاق محدود جداً حينما يقع طول الموجة فى المدى من 4×10^{-7} إلى 7×10^{-4} متر. وتختلف

شدة الإضاءة باختلاف طول الموجة للضوء الساقط. ورغم أن استجابة العين تتباين من شخص لآخر، فإنه يعتبر تباينا صغيرا يسمح بتعريف «المشاهد المعيارى أو القياسى» (Standard Observer). ويوضح الشكل (٤-٣) الاستجابة النسبية للمشاهد المعيارى، وهو الذى تكون استجابته للضوء كما هو موضح بالشكل، وتصل قمة الاستجابة عند موجة طولها 5.0×10^{-7} متر تقريبا.

البث التليفزيونى الأبيض والأسود :

ترسل الصور التليفزيونية عادة فى إطارات متتابعة. ويتكون الإطار الواحد من ٦٢٥ خطا فى معظم البلدان الأوروبية والعالم، بينما يتكون فى



شكل (٤-٣) : الاستجابة النسبية للضوء للمشاهد القياسى [مرجع ٥]
(١) الاستجابة النسبية. (٢) طول الموجة 5.0×10^{-7} متر

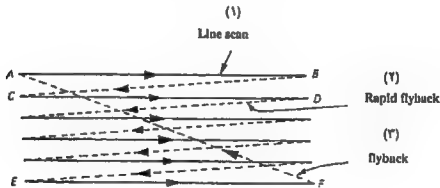
الولايات المتحدة من ٥٢٥ خطا. وفي النظام الأوروبي يتم إرسال ٢٥ إطارا فى الثانية، أما فى النظام الأمريكى فيصل إلى ٣٠ إطارا فى الثانية. وستنصب الشرح هنا على الإطار الأوروبي (٦٢٥ خطا) عند إرسال الإشارة المرئية ثلاثية الأبعاد (أى التى تتغير فى الاتجاهين الأفقى والرأسى مع الزمن) خلال قناة أحادية البعد يتغير فيها مقدار الإشارة مع الزمن.

وحيثما توجه الكاميرا التلفزيونية إلى الصورة المراد نقلها، فإن هذه الصورة تسقط خلال عدسات الكاميرا على سطح ضوئى حساس. ويمكن اعتبار هذا السطح مكونا من عدد كبير من محولات الطاقة الكهروضوئية، وأن كل محول من هذه المحولات الصغيرة ينتج تيارا كهربيا يتناسب مع شدة ضوء ذلك الجزء من الصورة الساقط عليه. ومن ذلك يمكننا أن نفترض أن الصورة الأصلية قد تم تقسيمها إلى صور صغيرة تسمى كل منها «عنصرا» (Pixel). والخرج الكهربى لكل عنصر من عناصر الصورة يكون أحادى البعد لأنه يتغير مع الزمن فقط. وبذلك يتم إرسال الخرج الناتج من جميع العناصر والذي يمثل الإشارة ثلاثية الأبعاد كمتتابعة سريعة لخرج إشارة أحادية البعد.

وفى جهاز الاستقبال (التلفزيون) يمكن استعادة الصورة الأصلية إذا تم عرض كل عنصر من عناصرها فى مكانه الصحيح. ويكون لشاشة التلفزيون نفس عدد عناصر السطح الضوئى الحساس الموجود فى الكاميرا. ويتم استقبال الصورة بربط كل عنصر من عناصر الصورة فى الكاميرا بمثيله فى شاشة التلفزيون (أنبوبة شعاع المهبط CRT). ويتم ذلك بمسح السطح الضوئى الحساس للكاميرا بواسطة شعاع إلكترونى متزامن مع شعاع آخر يقوم بمسح شاشة التلفزيون. وتتشكل شدة شعاع التلفزيون طبقا للإشارة التى يتم استقبالها، والتى تكون متناسبة مع شدة شعاع الكاميرا. والمسح المتتابع سواء للكاميرا أو لشاشة التلفزيون موضح فى

شكل (٤ - ٤) ، حيث ينحرف الشعاع فى الاتجاهين الرأسى والافقى. ويبدأ المسح من النقطة A إلى النقطة B. وخلال ارتداد الشعاع الذى يتم بسرعة فائقة لا يحدث إرسال لاي معلومات. ثم يبدأ المسح للخط الثانى من النقطة C إلى D. وهكذا تتكرر هذه العملية حتى يتم الوصول إلى النقطة F، وبعدها يتم الارتداد إلى النقطة A. وبذلك يكون قد تم المسح لإطار واحد، ثم تتكرر العملية بعد ذلك مع باقى الاطر تباعا.

وكما هو مبين بالشكل (٤ - ٤) فإن مسح كل صورة يستغرق وقتا محدودا، وإذا طال هذا الوقت عن فترة ثبات النظر، فإن العين سوف تعاني من وميض متقطع أو خطف للبصر (Flicker). وإذا كان زمن المسح قصيرا جدا، فإن ذلك يتطلب مسح عدد كبير من عناصر الصورة مما يزيد من النطاق الترددى للإشارة زيادة كبيرة، وبالنسبة للأنظمة التليفزيونية، فقد وجد أن أنسب معدل لمسح الصورة لا يسبب خطفا للبصر هو ٥٠ مرة/ثانية. (والمرة يطلق عليها إطارا كما ذكرنا من قبل). ويمكن اختصار هذا المعدل إلى ٢٥ مرة/ثانية إذا استخدم المسح المتشابك (Interlaced Scan)

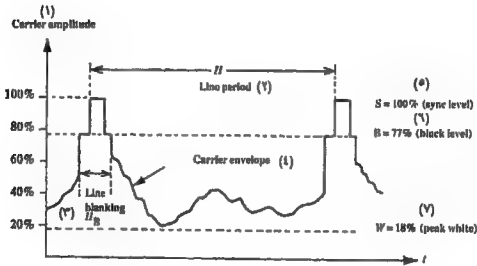


شكل (٤-٤) : المسح المتتابع [مرجع ٥]

(١) الخط المسح، (٢) ارتداد سريع، (٣) ارتداد

تزامن أخرى فى نهاية كل مجال. وتؤدى نبضات التزامن هذه إلى حفز دوائر الارتداد السريع للعمل فى جهاز الاستقبال التليفزيونى.

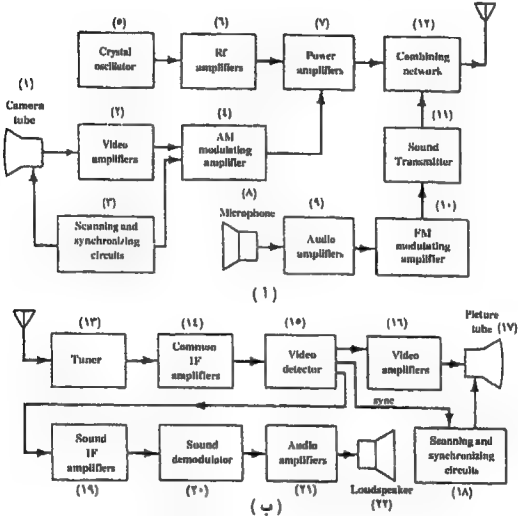
ولإشارة الفيديو المرسلة (بعد التضمين) مركبتان مميزتان: أولاهما إشارة الصورة التى تمثل تغيرات شدة الإضاءة فى كل خط، وثانيتهما نبضات التزامن التى ترسل تحت مستوى اللون الأسود. والموجة المركبة يبينها الشكل (٤-٦). وعادة يتم تضمين الإشارة المرئية أى إشارة الصورة بطريقة تضمين السعة (AM)، بينما يتم تضمين إشارة الصوت بطريقة (FM).



شكل (٤-٦) : غلاف الموجة الحاملة المرسلة [مراجع ٥]

(١) سعة الموجة الحاملة، (٢) فترة مسح الخط، (٣) الفترة التى لا يحدث فيها مسح الخط، (٤) غلاف الموجة الحاملة، (٥) مستوى نبضة التزامن، (٦) مستوى اللون الأسود، (٧) قمة اللون الأبيض

وبين الشكل (٤-٧) مكونات جهازى المرسل والمستقبل للتلفزيون الأبيض والأسود.



شكل (٤-٧) : نظام اولى للتلفزيون الأبيض والأسود [مرجع ١١]

(١) المرسل (ب) المستقبل

(١) أنبوبة الكاميرا، (٢) مكبرات فيديو، (٣) دوائر مسح وتزامن، (٤) مكبر مُشكّل بطريقة AM، (٥) مذنب كريستالي، (٦) مكبرات لترددات الراديو، (٧) مكبر للقدرة، (٨) ميكروفون، (٩) مكبر للصوت، (١٠) مكبر مُشكّل (مضمن) بطريقة FM، (١١) مرسل للصوت، (١٢) دائرة خلط، (١٣) موالف، (١٤) مكبرات عامة للتردد المتوسط، (١٥) كاشف للفيديو، (١٦) مكبرات للفيديو، (١٧) أنبوبة الصورة (لشاشة)، (١٨) دوائر مسح وتزامن، (١٩) مكبرات صوت للتردد المتوسط، (٢٠) كاشف للصوت، (٢١) مكبرات للصوت، (٢٢) للجهاز (السماعة)

وكما أسلفنا، فإن هناك نظامين أساسيين للتلفزيون الأبيض والأسود: أحدهما النظام الأمريكي، وهو يطبق في قارة أمريكا الشمالية ومعظم دول أمريكا الجنوبية والفلبين واليابان؛ والثاني النظام الأوروبي الذي يستخدم في أغلب الدول الأوروبية (باستثناء فرنسا) وباقي دول العالم.

والجدول التالي يبين بعض المواصفات التي تميز كل نظام منهما عن الآخر :

المقياس	النظام الأمريكي	النظام الأوروبي
عدد الخطوط في الإطار	٥٢٥	٦٢٥
عدد الإطارات المرسلة في الثانية	٣٠	٢٥
تردد المجال بالهيرتز (Hz)	٦٠	٥٠
تردد الخطوط بالهيرتز (Hz)	١٥٧٥٠	١٥٦٢٥
النطاق الترددي للقناة بالميجاهيرتز (MHz)	٦	٧
النطاق الترددي لإشارة الفيديو (MHz)	٤,٢	٥
نظام تضمين الصوت	FM	FM

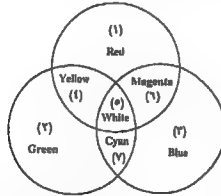
البث التلفزيونى الملون :

على الرغم من أن مبادئ الإرسال التلفزيونى الملون واحدة، فإنه توجد ثلاثة نظم هى :

- ١ - النظام الأوروبى «بال» [Phase Alternation by Line (PAL)].
- ٢ - النظام الفرنسى «سيكام» [Sequential Technique and Memory Storage (SECAM)].
- ٣ - النظام الأمريكى [National Television Standards Committee (NTSC)].

وتجدر الإشارة إلى أن المناطق التى تطبق فيها هذه النظم، هى نفس المناطق التى ذكرناها بالنسبة للتلفزيون الأبيض والأسود.

وقد روعى عند البدء فى تصميم نظام التلفزيون الملون أن يكون متوافقا مع التلفزيون الأبيض والأسود. بمعنى أن البرامج الملونة يمكن أن يستقبلها التلفزيون الأبيض والأسود بهذين اللونين فقط. كما أن البرامج غير الملونة يستقبلها التلفزيون الملون بلونيهما الأبيض والأسود بلا تعديل. ويعتمد الإرسال الملون على ثلاثة ألوان أولية هى الأحمر والأخضر والأزرق. ويمكن عن طريق خلط هذه الألوان كلها أو بعضها بنسب معينة، الحصول على جميع الألوان الأخرى. ويبين الشكل (٤-٨) بعض الألوان التى يمكن



شكل (٤-٨) : خلط الألوان بالإضافة [مرجع ٢٦]

(١) أحمر، (٢) أخضر، (٣) أزرق، (٤) أصفر، (٥) أبيض، (٦) أرجوانى (أحمر داكن)، (٧) أزرق داكن

الحصول عليها إذا أضيفت الألوان الأولية إلى بعضها بالتساوى. وإذا تغيرت نسب الخلط أو الإضافة حصلنا على ألوان أخرى. ومن هذا الشكل يتضح أن:

$$\text{الأحمر} + \text{الأخضر} = \text{الأصفر}$$

$$\text{الأحمر} + \text{الأزرق} = \text{الأرجواني (الأحمر الداكن)}$$

$$\text{الأزرق} + \text{الأخضر} = \text{الأزرق الداكن}$$

$$\text{الأحمر} + \text{الأزرق} + \text{الأخضر} = \text{الأبيض}$$

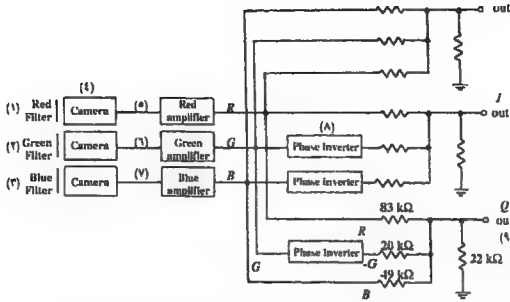
وعند الإرسال يتم تحليل ألوان الصورة بواسطة الكاميرا إلى ألوانها الأولية: الأحمر والأخضر والأزرق. بعد ذلك يتم خلط هذه الألوان لتكوين مركبات (أو إشارات) تختلف من نظام إلى آخر حتى تكون متوافقة مع نظم التليفزيون الأبيض والأسود الخاصة بها. ففي النظام الأمريكي (NTSC) يتم تكوين ثلاث إشارات: Y و I و Q، من الألوان الأولية الأحمر (R) والأخضر (G) والأزرق (B) كما يلي:

$$Y = 0.30 R + 0.59 G + 0.11 B$$

$$I = 0.60 R - 0.28 G - 0.32 B$$

$$Q = 0.21 R - 0.52 G + 0.31 B$$

ويوضح الشكل (٤-٩) كيفية توليد هذه المركبات أو الإشارات الثلاث تمهيدا لإرسالها. ويلاحظ أن الإشارة Y تمثل اللون الأبيض والأسود، وهي متوافقة مع الصورة التي يستقبلها التليفزيون الأبيض والأسود. أما الإشارتان I و Q فتحملان المعلومات عن ألوان الصورة. والقرص المبين في شكل (٤-١٠) يوضح كيف ترتبط هذه الإشارات بالألوان المختلفة. وعلى



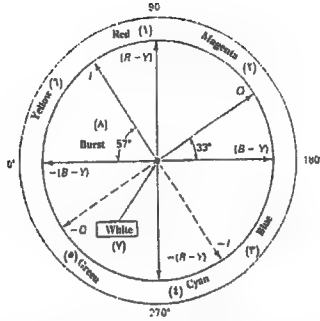
شكل (٤-٩) : كاميرا ملونة تبين كيفية الحصول على المركبات الثلاث Y و I و Q [مراجع ١١]

(١) مرشح اللون الأحمر، (٢) مرشح اللون الأخضر، (٣) مرشح اللون الأزرق، (٤) كاميرا، (٥) مكبر اللون الأحمر، (٦) مكبر اللون الأخضر، (٧) مكبر اللون الأزرق، (٨) عاكس للطور، (٩) خرج

سبيل المثال، إذا كانت مركبات الإشارة المستقبلية في لحظة معينة هي $Q=0$ ، والإشارة I لها أقصى قيمة، فإن اللون الناتج في هذه اللحظة هو الأحمر البرتقالي القاني. وإذا قلت قيمة I، فإن درجة نقاء اللون تقل تبعاً، وبتغيير درجات الخلط بين الإشارتين I و Q يمكن الحصول على أي لون نريده.

أما في نظام (PAL)، فيتم استبدال الإشارتين (B-Y) و (R-Y) بالإشارتين I و Q. وبينما يتم إرسال إشارات المركبات المختلفة في وقت واحد في كل من النظامين (NTSC) و (PAL)، فإنه في نظام (SECAM) يتم إرسال إشارتي الفروق بين الألوان على التتابع.

وفي أجهزة الاستقبال يكون التليفزيون معداً لاستقبال نظام معين، فيقوم باستخلاص الألوان الأولية الثلاثة من الإشارات الثلاث التي يستقبلها. ففي النظام الأمريكي (NTSC) على سبيل المثال، يتم استقبال الإشارات I و Y



شكل (١٠-٤) : قرص يبين كيفية ارتباط قيمة المركبات المستقلة بالألوان الناتجة [مراجع ١١]
 (١) احمر، (٢) أرجواني (المر داكل)، (٣) أزرق، (٤) أزرق داكن، (٥) اخضر، (٦) اسفلر، (٧) ابيض، (٨) تدفق

و Q، ومنها يتم الحصول على الألوان الاحمر والأخضر والأزرق طبقا لطرق الخلط الآتية :

$$R = Y - 0.96 I + 0.26 Q$$

$$G = Y - 0.28 I - 0.64 Q$$

$$B = Y - 1.10 I + 1.7 Q$$

وهي تمثل العملية العكسية لطريقة تكوين الإشارات Y و I و Q في جهاز الإرسال. وجدير بالذكر أن أنبوبة التليفزيون الملون بها ثلاثة أشعة إلكترونية ماسحة — شعاع لكل إشارة — بدلا من شعاع إلكتروني واحد في حالة التليفزيون الأبيض والأسود.

قنوات الإرسال :

فى داخل كل دولة، يتم الإرسال التليفزيونى عبر قنوات متعددة، لكل قناة منها طابع خاص يميز البرامج والفقرات التى تقدمها. وعلى سبيل المثال، فإن القناة الأولى بجمهورية مصر العربية هى القناة الرسمية التى تهتم بأخبار الدولة ككل. وتغطى القناة الثانية هذا الجانب أيضا، ولكنها أكثر اهتماما بالبرامج الرياضية والإخبارية والأفلام باللغات الأجنبية. ثم تأتى بعد ذلك قنوات إقليمية ينصب اهتمامها على شئونها المحلية مثل قنوات القاهرة الكبرى والإسكندرية والدلتا ومدن القناة وشمال الصعيد وجنوبه.. وهكذا. ويختلف عدد القنوات من دولة إلى أخرى تبعا لمساحة هذه الدولة وعدد سكانها. ولكى يتم الفصل بين هذه القنوات، يلزم أن يكون تردد الموجة الحاملة لكل قناة مختلفا عن ترددات القنوات الأخرى بفارق معقول بما لا يسمح بالتداخل بين هذه القنوات عند استقبالها.

وعادة يتم الإرسال التليفزيونى فى نطاقين من التردد. النطاق الترددى الأول هو التردد العالى جدا (Very High Frequency (VHF) من ٣٠ ميگاهيرتز - ٣٠٠ ميگاهيرتز. أما النطاق الترددى الثانى، فهو التردد فوق العالى (Ultra High Frequency (UHF) من ٣٠٠ ميگاهيرتز - ٢ جيجاهيرتز. ويتم البث عبر شبكة لاسلكية من محطات للتقوية للقامة فوق أبراج تبعد عن بعضها البعض بمسافة لا تتجاوز ٥٠ كيلومترا، بما يضمن تغطية جميع المناطق التى يراد وصول البث التليفزيونى إليها.

البث الإذاعى والتليفزيونى الرقمى :

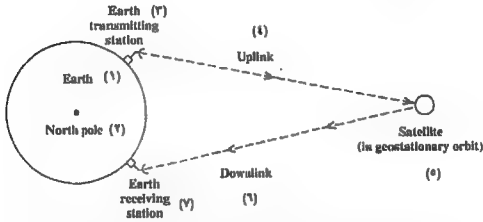
شرعت بعض الدول فى استخدام نظام للبث الرقمى. وفى هذا النظام يتم تحويل الإشارة الصوتية أو المرئية - بعد تحويلها إلى صورتها الكهربائية المتصلة - إلى سلسلة من النبضات تمثل الرقمين صفر و واحد، ثم يتم تضمين هذه النبضات بإحدى الطرق الرقمية.

ويتميز هذا النوع من البث بأنه يمكن فيه تخقية هذه السلسلة من النبضات عند محطات التقوية من الشوشرة المصاحبة لها بنسبة خطأ ضئيلة للغاية (أقل من ١٠-١١)، حيث يعاد بثها إلى مقصدها. وفي جهاز الاستقبال يتم فك تضمين هذه النبضات وإعادتها إلى صورتها الكهربائية المتصلة، ثم من خلال محولات طاقة الخرج نحصل على صوت أكثر نقاء أو صورة أكثر وضوحاً مما نسمعه أو نراه حالياً. هذا إلى جانب إمكانية تخزين البرامج على أقراص صغيرة لتسمعها أو نشاهدها حيثما نريد. ولذلك فإن هذا النوع من البث يحتاج إلى أجهزة استقبال تتواءم مع طريقة الإرسال، وهي أغلى ثمناً من الأجهزة الحالية، وإن كان من المتوقع أن ينخفض ثمنها مع تقدم التكنولوجيا وزيادة انتشارها.

الفصل الخامس

الاتصالات عبر الأقمار الصناعية

لاشك أن الأقمار الصناعية هي أهم الوسائل التي تهدف إلى تحقيق شمولية الاتصالات (الشكل ١-٥). وتكمن الشمولية في إمكانية تحقيق الاتصال بين نقطة وأخرى (في حالة المكالمات التليفونية)، أو بين نقطة وعدة نقاط مهما بعدت المسافة بينها على سطح الأرض (في حالة البرامج التليفزيونية مثلا). هذا بالإضافة إلى العديد من المزايا الأخرى التي يتمتع بها هذا النوع من الاتصالات ومنها:



شكل (١-٥) : نظام الاتصالات عبر القمر الصناعي [مراجع ٩]

(١) الأرض، (٢) القطب الشمالي، (٣) محطة إرسال أرضية، (٤) وصلة إلى أعلى، (٥) القمر الصناعي (في مدار متزامن) - أي ثابت بالنسبة للأرض، (٦) وصلة إلى أسفل، (٧) محطة استقبال أرضية

(١) أن تكلفة الوصلة فى الاتصالات عبر الأقمار الصناعية لا تعتمد على طولها، بينما تزيد التكلفة بزيادة الطول فى حالة الكابلات بجميع أنواعها.

(٢) يمكن من طريق الأقمار الصناعية الوصول إلى المناطق النائية ذات الطبيعة الجغرافية الوعرة التى يصعب مد الكابلات إليها. هذا بالإضافة إلى أنه يمكن إيجاد مسار مباشر بين الأقمار الصناعية والأرض يضمن عدم تعرض الموجات للإعاقة.

(٣) يمكن من طريق الأقمار الصناعية تغطية سطح الكرة الأرضية بأسره باتصالات دائمة على مدار الزمن، بينما يصعب تنفيذ ذلك اقتصاديا وعمليا بشبكة من الكابلات.

(٤) كان للأقمار الصناعية الفضل فى تيسير الاتصال مع الطائرات والسفن والسيارات، وحتى بين البشر بعضهم بعضا.

(٥) يتميز القمر الصناعى بسعته الكبيرة من حيث عدد القنوات المنقولة بواسطته سواء كانت صوتية أو معلوماتية أو تليفزيونية.

وعلى الرغم من أن الاتصالات عبر الأقمار الصناعية قصد بها فى بداية الأمر أن تكون بديلا عن الوصلات الأرضية، فلننا يجب أن نوضح أن الاتصالات تتم على مراحل متعاقبة، وليست الأقمار الصناعية سوى مرحلة من هذه المراحل. ومن التطبيقات الشائعة حاليا المكالمات التليفونية ونقل البرامج التليفزيونية التى يستقبلها الناس فى منازلهم. هذا بالإضافة إلى إرسال المعلومات والبيانات بسرعة فائقة عن طريق استخدام أطراف بهوائيات ذات فتحات صغيرة جدا [Very Small Aperture Terminals VSATs] خلال محطة تحويل مركزية، مما يمكن من تكامل البيانات ذات المعدل المنخفض مع بقية النظام.

وقد شهدت السنوات القليلة الماضية إعطاء دفعة كبيرة للأبحاث التي تهدف إلى تحقيق شبكة اتصالات شخصية شاملة، غير مكلفة اقتصاديا ويمكن الاعتماد عليها، وذلك لاستخدامها في كل مكان وزمان من خلال أجهزة صغيرة يحملها المشتركون في أيديهم. ومن المتوقع أن تستمر هذه الأبحاث بنفس قوة الدفع خلال العقد الأول من القرن الحادى والعشرين. ولاشك أن الزيادة الأسية^(١) (exponential) في عدد المشتركين للتليفون المحمول تشجع على تحديد المعالم لاتصالات المحمول في المستقبل. وعلى الرغم من أن نظم الاتصالات الخلوية (Cellular Systems) الحالية تغطى خدمة جيدة للمكالمات الصوتية والرسائل المعلوماتية في المناطق المزدحمة، فإنها لا تعتبر الاختيار الأمثل لنظام الاتصالات الشاملة. ومن هنا كان البحث عن الاتصالات عبر الأقمار الصناعية لتحقيق شمولية شبكات الاتصال. وتعتبر الأقمار الصناعية ذات المدارات المنخفضة [Low Earth Orbit (LEO)] هي الاختيار الأفضل لتنفيذ شبكة للاتصالات الشخصية الشاملة. وذلك لما يتميز به هذا النوع من الأقمار من انخفاض زمن التأخر للإشارة المرسلة مع قلة الفقد في قوتها، مقارنة بالأقمار ذات المدارات المتزامنة أو الثابتة جغرافيا بالنسبة للأرض [Geostationary Earth Orbit (GEO)].

وقبل أن نقسم الأقمار تبعا لمداراتها وتطبيقاتها، نورد نبذة تاريخية عن الاتصالات عبر الأقمار.

نبذة تاريخية عن الاتصالات عبر الأقمار الصناعية

القمر الصناعى ما هو إلا محطة فضائية توضع فى مدار حول الأرض، وتحمل على متنها أجهزة للاستقبال والإرسال فى نطاق الترددات المتناهية القصر (Microwave frequencies)، حيث تقوم باستقبال الإشارة من مصدرها

(١) أى أن الزيادة تتم بمعدل له أس يزيد على الواحد الصحيح. وإذا كان الأس يساوى واحدا صحبها تصبح الزيادة خطية.

وإعادة إرسالها إلى مقصدها مهما بعدت المسافة بينهما على سطح الأرض. ويمكن السبب في اختيار موجات الترددات المتناهية القصر في أنها تستطيع اختراق طبقة الأيونوسفير، ذلك أن الأقمار الصناعية بشتى أنواعها تدور فى مدارات أعلى من طبقة الأيونوسفير. ومن أسباب استخدام هذه الترددات أيضا، أنها تستطيع أن تحمل عددا كبيرا من قنوات الاتصال مما يزيد من سعة القمر، بالإضافة إلى صغر قطر هوائيات الاستقبال والإرسال سواء على سطح القمر أو الأرض، لأنه من المعروف أن قطر الهوائى الطبق (Dish) يتناسب تناسباً عكسياً مع زيادة التردد. ويوضح الجدول (١-٥) بعض الترددات المستخدمة للأقمار الصناعية :

جدول (١-٥) : الترددات المستخدمة فى بعض الأقمار الصناعية

الاتجاه	التردد بالجيجاهيرتز (GHz)
إلى أسفل (*)	١,٥٣٠ - ١,٥٥٩
إلى أعلى (**)	١,٦٦٥ - ١,٦٦٠
إلى أسفل	٣,٤٠٠ - ٤,٢٠٠
إلى أعلى	٥,٨٥٠ - ٧,٠٧٥
إلى أسفل	٧,٢٥٠ - ٧,٧٥٠
إلى أعلى	٧,٩٠٠ - ٨,٤٠٠
إلى أسفل	١٠,٧٠ - ١٢,٧٠
إلى أعلى	١٢,٧٠ - ١٣,٢٥
إلى أعلى	١٤,٠٠ - ١٤,٨٠
إلى أعلى	١٧,٣٠ - ١٧,٧٠
كلاهما	١٧,٧٠ - ١٨,١٠
إلى أسفل	١٨,١٠ - ٢٠,٢٠
إلى أسفل	٢٧,٠٠ - ٣٠,٠٠

(*) إلى أسفل تعنى الوصلة من القمر إلى الأرض.

(**) إلى أعلى تعنى الوصلة من الأرض إلى القمر.

ويتم التنسيق بين خدمات الأقمار الصناعية بواسطة الاتحاد الدولي للاتصالات [International Telecommunication Union (ITU)] ومقره جنيف بسويسرا. كما تعقد مؤتمرات بصفة دورية، بهدف تحديد القدرات الإشعاعية للأقمار وتردداتها ومداراتها حتى لا تتداخل مع الأقمار القائمة بالفعل، أو تصطدم بها. ومن هذه المؤتمرات، المؤتمر العالمي الإداري للراديو [World Administrative Radio Conference (WARC)]، والمؤتمر الإداري لراديو المناطق (RARC).

وفيما يلي سنعرض لتاريخ أكبر هيئتين دوليتين في مجال الاتصالات عبر الأقمار، وهما إنتلستات (Intelsat) وإنمارسات (Inmarsat).

بدأت الخطوة الأولى في مجال الاتصالات على المستوى التجاري بتأسيس الهيئة الدولية لاتصالات الأقمار (إنتلستات) [International Telecommunications Satellite Organization (Intelsat)] في أغسطس ١٩٦٤. وقد اشتركت ١١ دولة في هذا التأسيس. وتم إطلاق أول قمر (إنتلستات ١) بواسطة مؤسسة «ناسا» لأبحاث الفضاء (NASA) في عام ١٩٦٥. ويصل عدد الدول المشاركة في هذه الهيئة حالياً إلى أكثر من ١٣٢ دولة. والقمر (إنتلستات ١) يصل اتساع نطاقه الترددي إلى ٢٥ ميجاهيرتز، وهو يعمل في «النطاق C» (C-band) حيث يبلغ تردد الموجة الحاملة من أسفل إلى أعلى ٦ جيجاهيرتز، ومن أعلى إلى أسفل ٤ جيجاهيرتز. وتصل سعة هذا القمر إلى ٢٤٠ دائرة صوتية (أو دائرة تليفزيونية واحدة). وكان الاتصال بهذا القمر يتم من خلال ٦ محطات أرضية، منها محطتان بأمريكا الشمالية و ٤ محطات بأوروبا. ونظراً لأنه لم يكن متاحاً في ذلك الوقت أن تتصل هذه المحطات بالقمر في وقت واحد - كما هو الحال الآن - فإن كل محطة على حدة كانت تأخذ دورها في الاتصال بالقمر ثم تبث رسائلها إلى المحطات الأخرى خلال شبكة أرضية تربط فيما بينها. ورغم أن العمر الافتراضي للقمر (إنتلستات ١)

كان ثمانية عشر شهرا فقط، فقد استمر في أدائه المقبول لمدة ثلاث سنوات ونصف السنة.

بدأ بعد ذلك إطلاق سلسلة من الأجيال المتعاقبة للقمر إنتلستات، منها جيل القمر (إنتلستات ٦) الذي بدأ إطلاقه عام ١٩٨٩ ويضم مجموعة من خمسة أقمار، وليس قمرا واحدا كما هو الحال في (إنتلستات ١). ومن هذه المجموعة تم تخصيص قمرين لتغطية منطقة المحيط الهندي، وثلاثة أقمار لتغطية منطقة المحيط الاطلنطي.

وفي عام ١٩٩٣ بدأ إطلاق جيل جديد من الأقمار سميت (إنتلستات ٧). ويضم هذا الجيل ١٨ ألف دائرة صوتية يمكن أن تزيد إلى ٩٠ ألف دائرة صوتية عند استخدام النظام الرقمي [Digital Channel Multiplication Equipment (DCME)]، هذا بالإضافة إلى ثلاثة برامج تليفزيونية. وتقع ترددات الموجات الحاملة لهذه المجموعة في النطاق C (حول ٦ جيجاهيرتز) وفي النطاق K_u (حول ١٤ جيجاهيرتز). والعمر الافتراضي لهذا الجيل من ١٠-١٥ عاما.

وفي عام ١٩٩٥ بدأ إطلاق جيل أكثر تطورا من الجيل السابع للقمر إنتلستات، أطلق عليه (إنتلستات ١٧). والفرق الوحيد بينه وبين الجيل السابق هو زيادة عدد الدوائر إلى ٢٢ ٥٠٠ دائرة صوتية، يمكن أن ترتفع إلى ١١٢٥٠٠ دائرة باستخدام النظام الرقمي DCME.

وقد بدأ حديثا إطلاق الجيلين المتطورين (إنتلستات ٨) و (إنتلستات ١٨) اللذين يتميزان بسعة أكبر وأداء أفضل. وهكذا كلما قارب العمر الافتراضي لأحد الأجيال القيمة على الانقضاء، بادرت إنتلستات بإطلاق جيل جديد أكثر تطورا ليواكب الزيادة المطردة في حركة الاتصالات عبر الأقمار الصناعية. وتجدر الإشارة إلى أن جميع أقمار إنتلستات تقدم خدماتها إلى أطراف ثابتة [Fixed Satellite Services (FSS)] وتدور في مدارات متزامنة مع دوران الأرض.

أما الهيئة الدولية الثانية التي نود الحديث عنها، فهي الهيئة الدولية للملاحة البحرية عبر الأقمار الصناعية (إنمارسات) [International Maritime Satellite Organization (Inmarsat)]، ويطلق عليها أحيانا خدمات الأقمار للمتحركات [Mobile Satellite Services (MSS)] .

وعلى الرغم من أن الهدف الأساسي من وراء إنشاء هذه الهيئة في ١٩٧٩ كان خدمة الملاحة البحرية، فإنها تطورت لتحقيق اتصالات شاملة للمتحركات من طائرات وسيارات وغيرها.

وتضم هيئة إنمارسات في عضويتها حاليا أكثر من ٦٤ دولة، وقد شرعت في تقديم خدماتها ابتداء من عام ١٩٨٢. وفي حين أن عدد المشتركين في خدمة (إنمارسات - أ) كان محدودا للغاية عام ١٩٨٢، فإنه ارتفع إلى ١٦ ألف مشترك عام ١٩٩٢. ومع استخدام (إنمارسات - ب) عام ١٩٩٣ ازداد عدد المشتركين على ذلك كثيرا. أما (إنمارسات - ج) فهو نظام يعمل على تبادل البيانات والمعلومات فقط دون الرسائل الصوتية. وفي عام ١٩٩٤ كان هذا النظام يقوم بخدمة نحو ثلاثة آلاف طرف متحرك. وفي عام ١٩٩٦ بدأ استخدام نظام (إنمارسات - م)، ومن المتوقع أن يصل عدد المشتركين إلى نحو ٦٠٠ ألف طرف متحرك قبل حلول عام ٢٠٠٥.

وبالنسبة للمحطات الأرضية القائمة على خدمة نظم إنمارسات، وصل عدد المحطات المخصصة لخدمة نظام (إنمارسات - أ) في عام ١٩٩٢ إلى ٢٢ محطة، من بينها محطة المعادى بجمهورية مصر العربية. وكانت هناك خطة لإنشاء ١١ محطة أخرى بعد ذلك. وبالنسبة لـ (إنمارسات - ج) كانت هناك في عام ١٩٩٢ ثمانى محطات أرضية، بالإضافة إلى ١٣ محطة أخرى تحت الإنشاء. ويلاحظ أن إنمارسات هي الهيئة الوحيدة التي تقدم خدمة اتصالات شاملة للأطراف المتحركة.

تقسيم الأقمار طبقا لمداراتها

تنقسم الأقمار الصناعية طبقا لارتفاع مداراتها إلى ثلاثة أنواع:

١ - الأقمار المتزامنة أو الثابتة جغرافيا بالنسبة للأرض (GEO):

يبلغ ارتفاع مدارات هذه الأقمار نحو ٣٦ ألف كيلومتر فوق سطح الأرض في مستوى خط الاستواء. ونظرا لأن الأرض دائمة الدوران، فلا بد أن يدور القمر في مداره بنفس السرعة الزاوية للأرض، وفي نفس اتجاه دورانها، حتى يكون ثابتا جغرافيا بالنسبة لها. وحينما يكون القمر ثابتا بالنسبة للأرض، فإن عملية التزامن (Synchronization) بين القمر والمحطات الأرضية تصبح سهلة ميسورة. بالإضافة إلى ذلك فإن ثلاثة أقمار من هذا النوع تدور في مستوى خط الاستواء، ويفصل بين كل قمر منها والآخر ١٢٠°، يمكنها أن تغطي جميع أجزاء سطح الكرة الأرضية باستثناء بعض المناطق حول القطبين الشمالي والجنوبي. وكانت هذه المزايا حافزا لنجاح الاتصالات بهذا النوع من الأقمار خلال العقود الثلاثة الماضية.

ولكن من عيوب هذا النوع من الأقمار، طول زمن الرحلة التي تقطعها الإشارة. وعلى سبيل المثال فإن زمن التأخر في رحلة المكالمات التليفونية الدولية - ذهابا وإيابا - يصل إلى حوالي ٥٧٠ مللي ثانية (المللي = ١٠^{-٣}) مما يتسبب في سماع صدى للصوت. وفي حالة إرسال البيانات فإن هذا التأخر ينتج عنه خطأ في استقبالها. ويعتمد زمن التأخر (أي الزمن الذي تستغرقه رحلة الإشارة) على زاوية ارتفاع القمر بالنسبة للمستخدم، فيمكن أن يزيد زمن التأخر من ٢٣٧ إلى ٢٧٧ مللي ثانية إذا قلت زاوية الارتفاع من ٩٠° إلى صفر°.

ومن عيوب الأقمار الثابتة بالنسبة للأرض أيضا، الفقد الكبير في قوة الإشارة خلال الرحلة الطويلة التي تقطعها، مما يتطلب في أصغر طرف

للاتصال مع هذه الأقمار ألا يقل وزنه عن ٢,٥٠ كيلوجرام، وأن يكون حجمه فى حجم الورقة الكوارتر (A4).

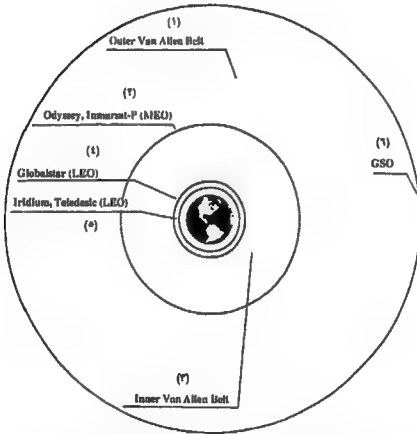
وهناك عيب آخر، وهو عجز هذه الأقمار عن تغطية المناطق حول قطبي الكرة الأرضية الشمالى والجنوبى، وذلك لأن القمر الذى يدور فى مستوى خط الاستواء يحتاج إلى زوايا ارتفاع حادة للغاية للوصول إليه من المناطق ذات خطوط العرض المرتفعة، كما هو الحال فى المناطق القطبية الشمالية والجنوبية. وفى المناطق الأهلة بالسكان لا تقل زاوية الارتفاع عن ٤٠° من أجل أداء مقبول. وهذه الزوايا يصعب الحصول عليها حتى فى بعض العواصم الأوروبية.

هذا بالإضافة إلى التكلفة العالية للصواريخ التى تحمل القمر الثابت لتضعه فى مداره، كما يمكن أن يتأثر القمر بكسوف الشمس أو خسوف القمر.

٢ - الأقمار متوسطة ومنخفضة المدارات [(LEO) & (MEO)]:

كانت العيوب التى ذكرناها لأقمار المدارات المتزامنة حافزا للتفكير فى إطلاق أقمار منخفضة المدارات، مما يحقق فقدا أقل لقوة الإشارة وزمنا أقصر فى نقلها. وعلى الرغم من أننا نملك مستوى واحدا للأقمار المتزامنة، مما يحد من إطلاق عدد كبير منها، فإنه يوجد عدد لانتهائى من المدارات غير المتزامنة، مما يجعل من تصميم شبكة مرنة تضم العديد من الأقمار أمرا ميسورا. والجدير بالذكر أنه كلما قل ارتفاع المدار للقمر الصناعى، صغر حجم الطرف الأرضى المستخدم للاتصال بالقمر، وتناقص الفقد فى قوة الإشارة، وقصر الزمن الذى تستغرقه الرسالة فى رحلتها من مصدرها إلى مقصدها. ويلاحظ أن هناك منطقتين حول الكرة الأرضية - الأولى تقع على ارتفاع يتراوح بين ١٥٠٠ و ٥٠٠٠ كيلومتر، والثانية بين ٢٠ ٠٠٠ و ٢٦٠٠٠

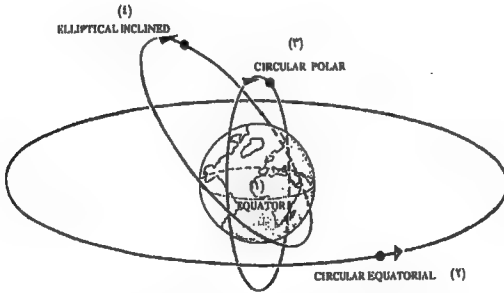
كيلومتر - تسميان وحزامي فان ألن (Van Allen Belts)، تزيد فيهما درجة التأين مما يولد إشعاعاً قد يدمر مكونات القمر الإلكترونية ويقلل إلى حد كبير من عمره الافتراضي. ولذلك يراعى في مدارات الأقمار متوسطة أو منخفضة المدارات، ضرورة أن تتجنب هاتين المنطقتين كما هو موضح بالشكل (٥-٢).



شكل (٥-٢): ارتفاعات المدارات لتنظيم الأقمار الصناعية المختلفة [مراجع ١٠]

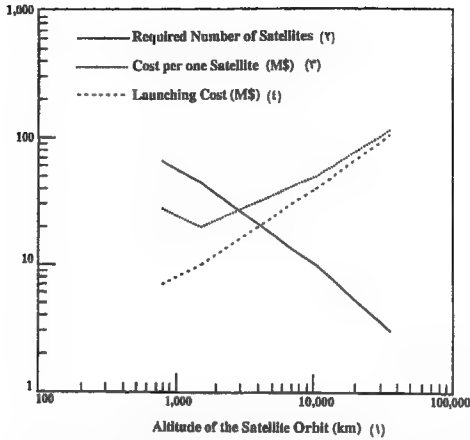
(١) حزام فان ألن الخارجي، (٢) أوبيسس وإنسارسات - ٢ (نظامان للمدارات متوسطة الارتفاع)، (٣) حزام فان ألن الداخلي، (٤) جلوبيال ستار (أحد النظم من ذوي المدارات المنخفضة)، (٥) إيريدوم وتلديسك (نظامان من نظم المدارات المنخفضة)، (٦) المدار المتزامن مع الأرض

وتقع ارتفاعات الأقمار متوسطة المدارات بين ١٠ ٠٠٠ و ٢٠ ٠٠٠ كيلومتر. أما منخفضة المدارات فتقل ارتفاعاتها عن ١٥٠٠ كيلومتر. وهناك مدارات دائرية وأخرى بيضاوية الشكل (انظر شكل ٥-٢). ويوضح الشكل (٥-٤) مقارنة تقريبية بين عدد الأقمار اللازمة للتغطية الأرضية الشاملة لكل ارتفاع من ارتفاعات مختلفة لمدار القمر. كما تشتمل المقارنة أيضا على التكلفة النسبية للقمر الواحد وتكلفة الإطلاق. ويظهر من الشكل (٥-٤) أنه كلما قل ارتفاع مدار القمر، زاد عدد الأقمار اللازمة للتغطية الشاملة للأرض. وعلى سبيل المثال، فإن نظام إيريدיום (Iridium) الذى أطلقته شركة موتورولا (Motorola) للأقمار منخفضة المدارات (LEO) يتكون من ٦٦ قمرا للتغطية الشاملة. فى المقابل، لا يزيد عدد الأقمار ذات المدارات المتزامنة اللازمة لذلك على ثلاثة أقمار.



شكل (٥-٢) : أنواع المدارات للأقمار الصناعية [مراجع ٢٤]

(١) خط الاستواء، (٢) دائرى حول خط الاستواء، (٣) دائرى حول القطب، (٤) بيضاوى مائل



شكل (٥-٤) : مقارنة بين نظم الأقمار الصناعية طبقا لارتفاعات مداراتها [مراجع ١٠]
 (١) ارتفاع مدار القمر الصناعي (بالكيلو متر)، (٢) العدد المطلوب من الأقمار الصناعية (٣) التكلفة لكل قمر
 صناعي (بالمليون دولار)، (٤) تكلفة الإطلاق (بالمليون دولار)

ويقارن الجدول (٥-٢) بين أنواع الأقمار طبقا لارتفاع مداراتها. ويتضح من هذا الجدول أن أكثر النظم تعقيدا وتكلفة هو نظام المدارات المنخفضة. ففي هذا النظام الأخير، تدور الأقمار بسرعة في مداراتها، وتصبح عملية التزامن أكثر صعوبة، وذلك بالمقارنة بتلك الأقمار التي تدور في مدارات متزامنة بطبيعتها. ونظرا لصغر المساحة الأرضية التي يغطيها القمر الواحد ذو المدار المنخفض، فإن الأمر يتطلب توافر عدد كبير من هذه الأقمار (في شكل شبكة في الفضاء) للتغطية الشاملة لسطح الكرة الأرضية.

ولكننا مع ذلك يجب أن ننوه هنا بالمزايا التي تقدمها الأقمار ذات المدارات المنخفضة، وهي قصر زمن التأخر وقلة الفقد في قوة الإشارة، مما يجعلها المرشحة الأولى للاتصالات الشخصية المحمولة في المستقبل.

جدول (٥-٢) : مقارنة بين نظم الأقمار المختلفة

وجه المقارنة	الأقمار منخفضة المدارات	الأقمار متوسطة المدارات	الأقمار متزامنة المدارات
التكلفة الكلية للأقمار	عالية	منخفضة	متوسطة
عمر القمر بالسنوات	٣-٧	١٠-١٥	١٠-١٥
إمكانية حمل الطرف الأرضي باليد	ممكنة	ممكنة	شديدة الصعوبة
زمن التأخر	قصير	متوسط	طويل
الفقد في قوة الإشارة	قليل	متوسط	كبير
طبيعة شبكة الأقمار	معقدة	متوسطة التعقيد	بسيطة
تغير وصلة الاتصال بين الطرف الأرضي والقمر الواحد	يحدث كثيرا	يحدث بدرجة متوسطة	لا يحدث
فترة الإعداد والتطوير	طويلة	قصيرة	طويلة
فترة رؤية القمر الواحد	قصيرة	متوسطة	دائمة

ومن المقرر هذا العام أن يصل عدد الأقمار الصغيرة الدائرة في مدارات منخفضة إلى ٨١٣ قمرًا، وسيرتفع العدد إلى ١٣٢٢ قمرًا في عام ٢٠٠٥. من ذلك يتضح أن مستقبل الاتصالات الشخصية الشاملة للأطراف المتحركة سيكون عبر الأقمار الصناعية منخفضة المدارات.

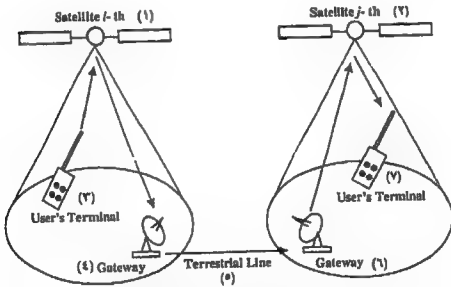
نظم الأقمار منخفضة المدارات للمتحرركات

تنقسم هذه الأقمار إلى نوعين أساسيين هما: أقمار صغيرة لتغطية دولة أو منطقة بعينها، وأقمار كبيرة تقدم خدمة شاملة. ومن أمثلة هذه الأخيرة: الإيريديوم (Iridium)، والجلوبال ستار (Globalstar)، والأوديسي (Odyssey)، والاريز (Aries). وسنعرض لكل منها فيما يلي باختصار.

١ - نظام الإيريديوم : قامت شركة «موتورولا» بتصميمه وإطلاقه ليقدم خدمة شاملة لسطح الكرة الأرضية للاتصالات التليفونية والفاكس، وإرسال واستقبال البيانات، ونقل الصفحات (Paging). ويتكون هذا النظام من ٦٦ قمرًا تدور في ستة مدارات قطبية على ارتفاع ٧٨٠ كيلومترًا من سطح الأرض. ويزن كل قمر حوالي ٧٠٠ كيلوجرام، ويتراوح عمره الافتراضي بين ٥ و ٨ سنوات. ويعمل هذا النظام في «نطاق L» التردد (L-band) من ١٦١٦-١٦٢٦,٥٠ ميجاهيرتز في الاتجاهين، أي من الطرف الأرضي إلى القمر والعكس. في حين تتصل الأقمار فيما بينها في «نطاق Ku». من ٢٣,١٨ إلى ٢٣,٢٨ جيجاهيرتز. ويستخدم هذا النظام أسلوب «النُّيل المتعدد مقسم الزمن» [Time Division Multiple Access (TDMA)]، أي أن كل مشترك يرسل ويستقبل في فترة زمنية معينة لا يشاركه فيها مشترك آخر. وتوجد أيضًا محطات أرضية لربط الشبكة الأرضية بشبكة الأقمار (Gateway).

٢ - نظام الجلوبال ستار : قامت بتصميمه شركة «لورال كوالكوم

ستالايت سرفيسس» (Loral Qualcomm Satellite Services). وهو يؤدي نفس الخدمات التي يؤديها نظام إيريديوم، إلا أنه يختلف عنه في أن عدد الأقمار يصل إلى ٤٨ قمرا، تدور في ثمانية مدارات مائلة يبلغ ارتفاعها ١٤١٤ كيلومترا فوق سطح الأرض. كما أن هذا النظام يستخدم أسلوب «النيل المتعدد مقسم الكود» [Code Division Multiple Access (CDMA)]، أى أن جميع المشتركين يمكن أن يرسلوا أو يستقبلوا في وقت واحد، وفي نفس النطاق الترددي، إلا أن كل مشترك يختلف عن غيره بكود أو شفرة خاصة به. وتم تصميم هذا النظام ليعمل مع الشبكة العامة للتليفونات [Public Switched Telephone Network (PSTN)]. ويستخدم هذا النظام طريقة «الأنبوبية الملتوية» (Bent-pipe) للاتصال بين طرفيه، كما هو موضح في الشكل (٥-٥)، حيث يتم استخدام الشبكة الأرضية لإكمال الدائرة بين طرفي الاتصال المتباعدين.



شكل (٥-٥) : نظام للاتصال عبر الأقمار الصناعية المنخفضة باستخدام طريقة الأنبوبية الملتوية [مرجع ١٠]

(١) القمر الصناعي رقم ١، (٢) القمر الصناعي رقم ٢، (٣) النهاية الطرفية للمستخدم، (٤) نقطة اتصال بين شبكتين، (٥) خط أرضي، (٦) نقطة اتصال بين شبكتين، (٧) النهاية الطرفية للمستخدم

٣ - نظام أوديسي : قامت بتصميمه شركة «تى دبليو آر» (TWR) ويقدم خدمة شاملة أيضا كالنظامين السابقين. وهو يتكون من ١٢ قمرا تدور فى ثلاثة مدارات على ارتفاع ١٠٣٤٥ كيلومترا من سطح الأرض. ولذلك يمكن أن نعتبره نظاما للأقمار متوسطة المدارات (MEO). ولكنه يستخدم نفس النطاقات الترددية التى تستخدمها الأقمار ذات المدارات المنخفضة. وهذا النظام يستخدم أسلوب «النيل المتعدد مقسم الكود» (CDMA)، كما هو الحال فى نظام جلوبال ستار.

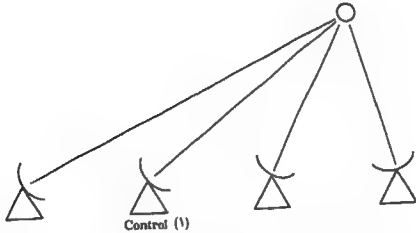
٤ - نظام أريز : قامت بتصميمه شركة الاتصالات المجمعـة (Constella- tion Communications Inc.) ويقدم نفس الخدمات الشاملة التى تقدمها النظم السابقة. ويتكون هذا النظام من ٤٨ قمرا تدور فى أربعة مدارات على ارتفاع ١٠٢٠ كيلومترا من سطح الأرض. ويمكن للأطراف اليدوية أو الموجودة فى المركبات المرتبطة بالأقمار ومحطات الربط، أن تقدم خدمة للاتصال مع شبكات التليفونات الأرضية العامة والخاصة.

تقسيم الأقمار طبقا للمساحة التى تغطيها

يمكن أن تقسم الأقمار طبقا للمناطق التى تغطيها إلى:

- شاملة، وهى التى تغطى خدماتها سطح الكرة الأرضية كله (Global) استقبالا وإرسالا. وتنظم هذا النوع هيئة إنتلستات الدولية.
- إقليمية، كتلك التى تغطى منطقة بعينها (Regional) مثل «عربسات» (Arabsat) الذى يغطى المنطقة العربية. وتشترك فى امتلاك هذا النوع من الأقمار عادة مجموعة من الدول المتجاورة جغرافيا.
- أما النوع الثالث فهو الوطنى أو المحلى (Domestic) الذى يكون هدفه خدمة دولة بعينها وهى التى تمتلكه، مثل «نایل سات» (Nilesat) الذى يخدم

جمهورية مصر العربية. ونظرا لأنه من النوع المتزامن مع الأرض، فإنه يمكن أن يغطي مساحة تصل إلى حوالى ثلث الكرة الأرضية، أى يمكن أن تصل برامجه إلى العالم العربى بأسره وبعض مناطق جنوب أوروبا بالإضافة إلى العديد من الدول الإفريقية. ويتميز النوع المحلى أيضا بأنه يربط المناطق النائية - التى يصعب مد شبكة اتصالات تقليدية إليها - بالوطن الأم، كما أنه يثبت للعاملين بالخارج أو المهاجرين أخبار وطنهم ويسرر لهم الاتصال بذويهم. وهناك العديد من الدول التى أطلقت أقمارا محلية لخدمتها مثل إندونيسيا والهند وكندا واليابان وغيرها. وعادة ما يرتبط القمر بشبكة من المحطات الأرضية، كما هو موضح فى الشكل (٦-٥) بطريقة تجعله كمركز لنجمة. كما يتم تخصيص إحدى المحطات الأرضية للتحكم فى وضع القمر بالنسبة للأرض، والذي يتعرض إلى قوى للجذب من جانب الأرض والشمس والقمر الطبيعى، مما يمكن أن يسبب له انحرافا عن الوضع المحدد له.



شكل (٦-٥) : شبكة اتصال بالقمر الصناعى تُظهره كمركز لنجمة [مراجع ٢٤]
(١) محطة تحكم

الفصل السادس

الاتصالات الشخصية اللاسلكية أو اتصالات المحمول

من الإنجازات العظيمة للقرن العشرين، أنه أمكن تنفيذ شبكة سلكية كونية، يمكن عن طريقها الاتصال تليفونيا أو إرسال بيانات إلى أى موقع بالكرة الأرضية. ومن أهداف الاتصالات الشخصية اللاسلكية، أن يتمكن الإنسان من استخدام هذه الشبكة الكونية للاتصال فى أى وقت وأى مكان، ومهما كان وضعه: ساكنا أو متحركا، سائرا على قدميه أو راكبا سيارة أو قطارا أو باخرة أو طائرة.

وقبل أن نصف النظام الخلوى (Cellular System) المستخدم فى تقديم خدمات الاتصالات الشخصية، أو ما يطلق عليه اتصالات المحمول [Personal Communication Services (PCS)]، سنستعرض فيما يلى التطور التاريخى لهذا المجال الحيوى والمهم.

□ يرجع تاريخ الاتصالات للمتكرات إلى عام ١٩٢١، حينما استخدم رجال البوليس فى سياراتهم بمدينة ديترويت الأمريكية نوعا من الاتصال كان

يتم فى اتجاه واحد، وفى نطاق ترددى يبلغ حوالى ٢ ميگاهيرتز. أما أول نظام لاتصالات السيارات فى الاتجاهين، فقد بدأ تطبيقه فى عام ١٩٣٣ فى سيارات البوليس بمدينة نيويورك، وفى نفس النطاق الترددى ٢ ميگاهيرتز. وقبل نهاية ١٩٤٠ كانت هناك عشرة آلاف سيارة بوليس تستخدم نظام الاتصالات اللاسلكية.

□ كانت الاتصالات فى البداية تعتمد على نظام تضمين السعة (AM). وقد أثرت الشوشرة المنبعثة من محركات السيارات على أداء هذا النوع من الاتصالات تأثيرا سيئا. وشهدت اتصالات السيارات تحولا كبيرا فى مسارها فى الثلاثينيات من القرن العشرين، عندما توصل العالم أرمسترونج إلى تصميم نظام الـ FM، حتى أنه فى خلال ست سنوات كانت جميع الأجهزة تعمل بنظام FM.

□ فى عام ١٩٤٦ قامت «معامل بل للتليفونات» (BTL) بتدشين أول نظام لاتصالات السيارات لعامة الناس فى مدينة سانت لويس الأمريكية، كما تم مد هذه الخدمة لتغطى الطريق السريع (Highway) الواصل بين مدينتى نيويورك وبوسطن فى عام ١٩٤٧. وكان النطاق الترددى لهذا النظام يتراوح بين ٣٥ - ٤٠ ميگاهيرتز. وفى عام ١٩٥٥ تم تشغيل نظام للاتصالات مزود بـ ١١ قناة حول تردد يبلغ ١٥٠ ميگاهيرتز. ونظرا للطلب المتزايد على هذا النوع من الخدمة، تمت إضافة ١٢ قناة أخرى حول تردد يبلغ ٤٥٠ ميگاهيرتز. وكان التحكم فى كلا النظامين يتم يدويا، أى كان لابد من وجود عامل تليفون لتتم المكالمات.

□ فى عام ١٩٥٦ تم تشغيل أول نظام أوتوماتيكي للقنوات التى تعمل حول ١٥٠ ميگاهيرتز، وتم ذلك أيضا عام ١٩٦٩ بالنسبة للقنوات التى تعمل حول ٤٥٠ ميگاهيرتز.

□ فى عام ١٩٧١ طرحت شركة «بل» النظام المعروف حاليا بالنظام الخلوى. وفى عام ١٩٨١ تم تحديد عرض النطاق الترددى لهذا النظام بأربعين ميجاهيرتز حول المدى من ٨٠٠-٩٠٠ ميجاهيرتز. وقد بدأ تشغيل هذا النظام فى شيكاغو فى أكتوبر ١٩٨٢ بواسطة شركة «ايه تى أند تى» [American Telephone and Telegraph (AT&T)]. وفى عام ١٩٩١ بدأ استخدام النظام الرقمى للتليفونات الخلوية المحمولة بالولايات المتحدة . [U.S. Digital Cellular (USDC)]

□ فى عام ١٩٩٥ بدأ استخدام نظام جديد للخدمات الشخصية فى النطاق الترددى من ١٨٠٠-١٩٠٠ ميجاهيرتز. ومن المتوقع أن يغطى هذا النظام أغلب مناطق الولايات المتحدة خلال العام الحالى.

□ فى كل من أوروبا واليابان، شهدت نظم الاتصالات الشخصية تطورات موازية لما جرى بالولايات المتحدة. ومن أحدث وأهم النظم الأوروبية - وهو المستخدم فى مصر وأغلب الدول العربية - النظام الشامل أو الكونى لاتصالات المحمول أو المتحرك أو النقل، والمعروف باسم [Global System for Mobile Communications (GSM)] ، وقد بدأ تشغيله فى أوروبا عام ١٩٩١. وفى اليابان يستخدم النظام الرقمى الخلوى الباسيفيكي [Pacific Digital Cellular (PDC)]، وقد بدأ تشغيله عام ١٩٩٢، وهو يشبه إلى حد كبير النظام الأمريكى (USDC).

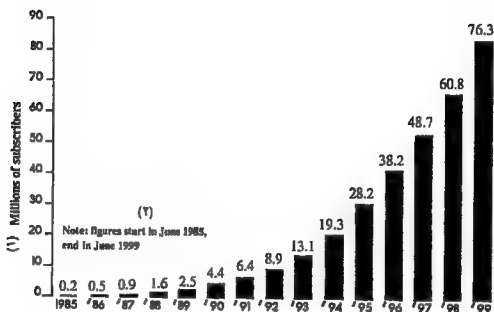
□ منذ عام ١٩٩٥ بدأ التخطيط لإنشاء شبكة دولية لاتصالات المحمول، سميت [International Mobile Telecommunication 2000 (IMT-2000)]، ويتم الإشراف على تخطيط هذه الشبكة من قبل الاتحاد الدولى للاتصالات (ITU)، وهو إحدى هيئات المعايير التابعة للأمم المتحدة ومقره جنيف بسويسرا. وتنبثق عن هذه الهيئة مجموعة فنية لاتصالات الراديو يطلق

عليها اسم (ITU-R) - والحرف R هو اختصار لمصطلح «Radio Communica-
tions، أى اتصالات الراديو».

□ النظام الجديد لاتصالات المحمول سيكون شاملا لسطح الكرة الأرضية، ومتعدد الخدمات. وسيجمع هذا النظام الجديد بين نظام استدعاء الصفحات (paging)، والنظام اللاسلكى^(١) (Cordless)، والنظام الخلوى، ونظام الاتصالات عبر الأقمار الصناعية ذات المدارات المنخفضة فى نظام واحد جامع شامل. وقد تم تحديد اتساع نطاق ترددى لهذا النظام مقداره ٢٣٠ ميجاهيرتز، حول ترددات ١٨٨٥-٢٠٢٥ و ٢١١٠-٢٢٠٠ ميجاهيرتز.

□ إذا نظرنا إلى النمو المطرد لعدد المشتركين فى هذا النوع من الاتصالات، نجد أن عدد المشتركين فى تليفونات السيارات بلغ ١٨٠٠٠ مشترك بالولايات المتحدة عام ١٩٤٥. ومنذ ذلك التاريخ يتضاعف عدد المشتركين للمحمول عموما بمعدل ثلاث مرات كل خمس سنوات. وفى فرنسا، يتضاعف العدد مرتين كل خمس سنوات. وفى عام ١٩٩٥ بلغ عدد المشتركين لاتصالات المتحركات حوالى ٢٠ مليوناً بالولايات المتحدة، و ١٥ مليوناً بأوروبا، و ٦ ملايين بآسيا. وفى عام ١٩٩٧ قارب العدد ٥٠ مليوناً بالولايات المتحدة. ويبين الشكل (٦-١) الزيادة المطردة فى عدد المشتركين فى نظام الاتصالات الشخصية اللاسلكية منذ عام ١٩٨٥ حتى عام ١٩٩٩ فى الولايات المتحدة. ومن ذلك تبرز أهمية النظام الجديد (IMT) (2000) الذى يواكب الزيادة الأسية فى عدد المشتركين مع اتساع الخدمات وشموليتها.

(١) فى النظام اللاسلكى المشار إليه (Cordless) يكون للمشارك رقم تليفون فى الشبكة السلكية العامة، موصل على قاعدة ثابتة قد تكون داخل منزله أو مكتبه أو فى أى مكان ثابت فى الحى الذى يقطن به، ويستطيع المشارك أن يتحرك بسماعة التليفون بحرية داخل مسكنه أو خارجه، ولكن لمسافات محدودة، وإذا خرج من نطاق قاعدته فقد الاتصال تماما.



شكل (٦-١) : الزيادة المطردة في عدد المشتركين في التليفون المحمول في الولايات المتحدة الأمريكية في الفترة من يونيو ١٩٨٥ حتى يونيو ١٩٩٩ [مراجع ٢٣]
(١) المشتركون بالملايين. (٢) لاحظ : الأشكال تبدأ في يونيو ١٩٨٥ وتنتهي في يونيو ١٩٩٩

النظام الخلوى للتليفونات المحمولة

يقدم التليفون الخلوى اتصالا لاسلكيا مع الشبكة العامة للاتصالات السلكية (PSTN) لاي مشترك أيا كان موقعه مادام يقع في نطاق هذا النظام. ويتيح النظام الخلوى تقديم الخدمة لعدد كبير من المشتركين المنتشرين على مساحة جغرافية واسعة في نطاق محدود من الترددات. كما أنه يقدم مستوى متميزا من الخدمة يمكن أن يصل إلى نفس مستوى التليفونات السلكية. وفي هذا النظام يتم تقسيم الدولة أو المساحة المراد تغطيتها إلى خلايا متلاصقة سداسية الشكل تشبه بيت النحل. وداخل كل خلية توجد محطة قاعدية (Base Station) أو أكثر للإرسال والاستقبال إلى ومن المتحررين داخل هذه الخلية.

وتنقسم النظم الخلوية طبقا لمساحة الخلية إلى نوعين أساسيين: النوع الأول خلاياه كبيرة (Macrocellular) حيث يتراوح قطر الخلية بين ٢-٢٠ كيلومترا، بينما تتراوح القوة الإشعاعية المنبعثة من المحطات القاعدية بين ٠,٦ - ١٠ وات. وتوضع هذه المحطات عادة على أسطح المباني المرتفعة.

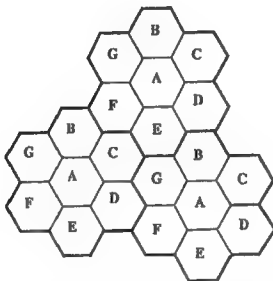
أما النوع الثانى فخلاياه صغيرة (Microcellular)، ويتراوح قطر الخلية بين ٠,٤ - ٢ كيلومتر. وتقل القوة الإشعاعية من المحطات القاعدية عن ٢٠ مللى وات، ويمكن أن توضع هذه المحطات على أعمدة الإنارة فى الشوارع.

هذا وتجري الأبحاث حاليا على الخلايا التى لا تتجاوز مساحتها حدود الشقة السكنية، بحيث توجد داخل كل شقة محطاتها القاعدية الخاصة بها. ويسمى هذا النوع من الخلايا «Picocell». ويلاحظ أنه كلما صغرت مساحة الخلية، انخفضت قوة الإشارات المتبادلة بين المحطة والمتحرك، فتصبح بذلك أقل خطرا على صحة الإنسان.

ومن أهم مميزات هذا النظام سعته الكبيرة، حيث تستخدم قنوات الراديو داخل الخلية عدة مرات فى خلايا أخرى (Reused Channels) تبعد عنها مسافات معينة حتى تمنع التداخل بين القنوات. كما أن الانتقال من خلية إلى أخرى يتم بنعومة فائقة، ولا يحتاج المتحدث إلى إنهاء المكالمات ليعيد طلب الرقم من جديد. ويبين الشكل (٦-٢) كيفية إعادة استخدام نفس الترددات، فبالخلايا التى تحمل نفس الحرف تستخدم قنوات لها نفس الترددات.

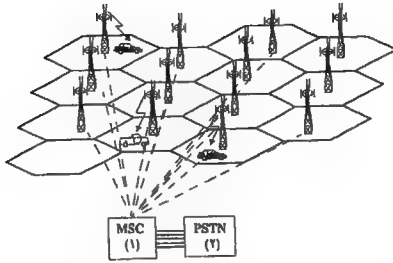
وتتكون العناصر الأساسية للنظام الخلوى (انظر الشكل ٦-٣) من الأطراف المتحركة [سيارات (أو أشخاص) تحمل أجهزة الاتصال]، والمحطات القاعدية التى تمثلها الأبراج الموضحة بالشكل، وسنترال التحويل للتليفون المحمول [Mobile Telephone Switching Office (MTSO)]. وفى بعض الأحيان

يضاف مركز يسمى مركز التحويل للمتحركات [Mobile Switching Center (MSC)]، وهو الذى يربط جميع أجهزة المتحركات بالشبكة العامة للتليفونات السلكية (PSTN).



شكل (٢-٦) : رسم يبين كيفية إعادة استخدام التردد فى النظام الخلوى [مرجع ٢٠]
[الخلايا التى تحمل نفس الحروف تستخدم لقنوات لها نفس الترددات. ويبين الشكل أن كل مجموعة مكونة من ٧ خلايا يعاد استخدام تردداتها، ولكن فى داخل المجموعة الواحدة فإن كل خلية تستخدم ترددات تختلف عن الأخرى حتى لا يحدث تداخل بينها].

ويتكون الطرف المتحرك من جهاز إرسال واستقبال وهوائى ودوائر تحكم، ويمكن أن تحمله سيارة أو يحمله إنسان. أما المحطة القاعدية، فتحتوى على عدة أجهزة للإرسال والاستقبال التى تقوم بعمل اتصالات آنية فى الاتجاهين. ويوجد لكل محطة قاعدية برج يحمل عدة هوائيات للإرسال والاستقبال. وتقوم كل محطة بمهمة الربط سواء للاتصالات التى تجرى فيما بين المستخدمين داخل الخلية، أو للاتصالات بينهم وبين مركز التحويل (MSC). حيث يقوم مركز التحويل بتنسيق الاتصالات بين جميع المحطات



شكل (٣-٦): العناصر الأساسية للنظام الخلوى [مراجع ٢٠]
(١) سنترال التليفون المحمول، (٢) الشبكة العامة للتليفونات السلكية

القاعدية، والربط بين النظام الخلوى ككل وبين الشبكة العامة للاتصالات التليفونية الأرضية أو السلكية. ويستطيع مركز التحويل الواحد أن يتعامل مع مائة ألف مشترك فى خدمة التليفون المحمول، كما يمكنه إجراء خمسة آلاف مكالمات فى وقت واحد، بالإضافة إلى أنه يقوم بإعداد الفواتير اللازمة للمكالمات وإجراء عمليات الصيانة الدورية للنظام. وفى المدن الكبيرة يوجد أكثر من مركز للتحويل، تعمل جميعها على نفس التردد، حيث يتناسب عدد المراكز مع اتساع المساحة وعدد المشتركين. وعادة يتم الاتصال بين المحطة القاعدية والمتحركين داخل الخلية عبر أربع قنوات: الأولى عبارة عن قناة أمامية للصوت [Forward Voice Channel (FVC)] فى الاتجاه من المحطة إلى المتحرك، والثانية قناة عكسية للصوت [Reverse Voice Channel (RVC)] فى الاتجاه من المتحرك إلى المحطة. أما القناتان الأخرى فوظيفتهما التحكم، بحيث تكون إحداهما فى الاتجاه الأمامى [Forward Control Channel (FCC)].

والأخرى فى الاتجاه العكسى [Reverse Control Channel (RCC)]. وقناتا التحكم تقومان باستقبال وإرسال البيانات عن المكالمات المطلوبة، بالإضافة إلى إتمام الوصلات اللازمة لإجراء المكالمة. وزمن استخدام هاتين القناتين يقل كثيرا عن مثيله فى القنوات الصوتية. ولذلك فعدد قنوات التحكم يمثل ٥٪ من العدد الكلى للقنوات، بينما ٩٥٪ من القنوات تكون مخصصة للصوت والبيانات.

كيف تتم المكالمة للتليفون المحمول ؟

حينما يدير المشترك مفتاح التشغيل للتليفون المحمول، يصبح الجهاز معدا لاستقبال أو طلب مكالمة. وفى البداية يقوم الجهاز بمسح لقنوات التحكم الأمامية حيث يختار أقواها، ويظل يراقب هذه القناة حتى إذا ضغفت قوتها عن قيمة معينة يعيد جهاز المحمول مسح قنوات التحكم للبحث عن المحطة القاعدية ذات الإشارة الأقوى. وعند استقبال مكالمة على المحمول، فإن مركز التحويل يقوم بإرسال الطلب إلى جميع المحطات القاعدية فى النظام الخلوى، حيث يتم إرسال رقم المشترك المطلوب إلى جميع قنوات التحكم فى الاتجاه الأمامى. ويستقبل جهاز المحمول الرسالة من المحطة القاعدية التى يكون قد اختارها من قبل، ويستجيب بتعريف نفسه خلال قناة التحكم فى الاتجاه العكسى إلى المحطة القاعدية. بعد ذلك ترسل المحطة القاعدية بدورها إشارة إلى مركز التحويل الذى يطلب من المحطة القاعدية المعنية تحديد قناة صوتية غير مستعملة للمكالمة القادمة. فى هذه اللحظة تقوم المحطة القاعدية بإرسال إشارة للمحمول لاختيار قناة صوتية فى الاتجاه الأمامى، وأخرى فى الاتجاه العكسى - اللتين تم تصديدهما من قبل المحطة - وبعد ذلك ترسل إشارة الرنين للمحمول خلال القناة الصوتية الأمامية، ومن ثم تبدأ المكالمة.

وخلال إجراء المكالمة يقوم مركز التحويل بضبط قوة الإشارة المرسله

من جهاز المحمول، كما يقوم بتغيير قنوات الاتصال والمحطة القاعدية طبقاً لحركة الجهاز حتى يحافظ على مستوى أداء مقبول.

كل ما ذكرناه آنفاً من خطوات يتم أوتوماتيكياً ولا يشعر به المشترك. ويطلق على عملية الانتقال من خلية إلى أخرى دون الحاجة إلى إنهاء المكالمات وإعادة الطلب من جديد، اسم «اليد المرفوعة»، [Hand off or Handover (HO)]، أى تظل المكالمة مستمرة مهما انتقل المشترك من نطاق خلية إلى نطاق خلية أخرى.

والآن دعنا نستعرض الحالة التى يطلب فيها المحمول المكالمة، حيث يرسل طلب المكالمة عبر قناة التحكم العكسية، وخلال ذلك يتم إرسال رقم الطالب (أوتوماتيكياً) والمطلوب (يدوياً). وتقوم المحطة القاعدية باستقبال الإشارات وإرسالها إلى مركز التحويل، الذى يقوم بدوره بعمل الوصلات اللازمة خلال الشبكة العامة للتليفونات السلكية (PSTN) (إذا كان المشترك المطلوب يتبعها). وفى الوقت نفسه يقوم مركز التحويل بإرسال تعليماته إلى المحطة القاعدية (التي يتبعها المحمول)، ومن ثم إلى جهاز المحمول، لاختيار زوج من القنوات الصوتية فى الاتجاهين الأمامى والعكسى مما يسمح للمكالمة بأن تبدأ.

وهناك خدمة أخرى مهمة يقدمها النظام الخلوى، تسمى خدمة التجوال (Roaming). وتسمح هذه الخدمة للمشارك بأن يستخدم جهازه فى أى مكان خارج مدينته التى يقطن بها، أو حتى خارج وطنه إذا سافر إلى دولة أخرى. وحينما يدخل المشترك جغرافياً فى نطاق مدينة أو دولة أخرى، فإنه يُسجل كمتجول فى المنطقة الجديدة. ويتم ذلك عن طريق ربط التليفون المحمول بقنوات التحكم الأمامية (FCC). وتقوم مراكز التحويل، كل عدة دقائق، بإرسال أمر خلال جميع مجموعات قنوات التحكم الأمامية إلى التليفونات المحمولة غير المسجلة لتسجيل أرقامها خلال قنوات التحكم العكسية (RCC)، حيث

يقوم مركز التحويل بمعرفة حساب المشترك المتجول المسجل بموطنه الأصلي (Home Location Register (HLR)). وبعد ذلك يسمح للمشارك المتجول باستقبال وإرسال المكالمات، وترسل الحسابات أوتوماتيكيا إلى مقر المشارك الأصلي.

النظام الكونى (الشامل) لاتصالات المحمول (GSM)

يمثل هذا النظام الجيل الثانى من النظم الخلوية، كما أنه يعتبر النظام الاول فى العالم الذى بدأ فيه تطبيق التضمين الرقمى (Digital Modulation) والبناء الهرمى للشبكة والخدمات. وقبل تطبيق هذا النظام كانت كل دولة أوروبية تستخدم نظاما خلويا مختلفا، مما حرم المشارك من ميزة استعمال جهازه خارج دولته التى يقيم بها. ولقد تجاوز نجاح هذا النظام كل التوقعات، وانتشر خارج أوروبا إلى دول أمريكا الجنوبية وآسيا وأستراليا والدول العربية بما فيها جمهورية مصر العربية. ومن المتوقع أن يصل عدد المشاركين فى هذا النظام إلى أكثر من خمسين مليون مشترك فى جميع أنحاء العالم. وفى البداية كان النظام يعمل فى نطاق ترددى حول ٩٠٠ ميجاهيرتز، ولكن الأنواع المتطورة منه تعمل فى نطاق من ١,٨-٢ جيجاهيرتز.

وتنقسم الخدمات التى يؤديها نظام GSM إلى المكالمات التليفونية فى الاتجاهين، بالإضافة إلى خدمات الفاكس والتليتكس والفيديو تكس (نظام المعلومات المرئى). كما يمكن إرسال واستقبال بيانات بمعدل يتراوح بين ٣٠٠ بت / ثانية و ٩,٦٠ كيلوبت / ثانية. وهناك بعض الخدمات الإضافية التى يمكن أن يقدمها نظام GSM مثل خدمة الرسائل القصيرة (Short Messaging Service (SMS)) حيث يسمح للمشاركين والمحطات القاعدية بإرسال صفحات أبجدية عديدة محدودة الطول. كما يسمح أيضا بإرسال رسائل إذاعية قصيرة إلى

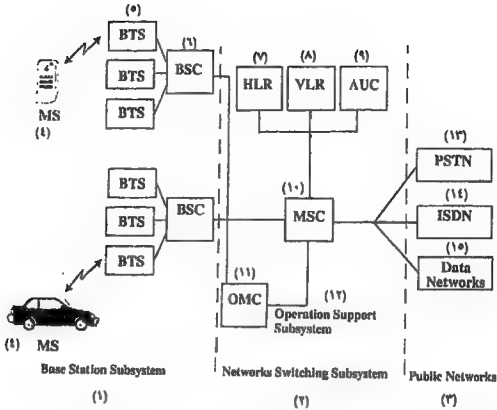
جميع المشتركين عن الاحوال الجوية مثلا.

ومن الخصائص المهمة لنظام GSM، وجود وحدة تعريف أو تمييز المشترك [Subscriber Identity Module (SIM)]. وهذه الوحدة عبارة عن جهاز للذاكرة يقوم بتخزين المعلومات مثل رقم تعريف المشترك والشيكات، وأسماء الدول التي يستطيع أن يتصل المشترك من خلالها، كما يضم أيضا مفاتيح الشفرة الخصوصية. وعادة ما تكون وحدة التعريف بالمشترك في صورة بطاقة صغيرة يتم إدخالها في التليفون المحمول. وبدون هذه البطاقة تصبح جميع التليفونات المحمولة متشابهة وغير فعالة. ويستطيع المشترك أن يدخل البطاقة الخاصة به في أى تليفون محمول في أى مكان في العالم يستخدم نظام GSM، وبذلك يمكنه أن يستقبل ويرسل مكالمات تضاف قيمتها على فاتورته ببلده الأصلي.

والخاصية الثانية المهمة في هذا النظام هي خصوصية الاتصالات، حيث يوجد لكل مشترك شفرة خاصة به تتغير تلقائيا مع الزمن مما يجعل من التنصت على المكالمات أمرا صعبا للغاية.

أساس بناء النظام الكونى (الشامل) لاتصالات المحمول GSM؛

يتكون هذا النظام من ثلاثة نظم فرعية تتفاعل فيما بينها، وبينها وبين المشتركين، خلال شبكات ربط محددة. والنظم الفرعية الثلاثة هي: النظام الفرعى للمحطات القاعدية [Base Station Subsystem (BSS)]، والنظام الفرعى للشبكة والتحويل [Network and Switching Subsystem (NSS)]، والنظام الفرعى لدعم التشغيل [Operation Support Subsystem (OSS)] . ويمكن اعتبار الجهاز المحمول نظاما فرعيا آخر، ولكنه عادة ما يدمج في النظام الفرعى للمحطات القاعدية. ويوضح الشكل (٦-٤) النظم الفرعية الأساسية التي يتكون منها نظام GSM. وتتصل الأطراف المحمولة عبر قنوات الراديو بالمحطات القاعدية للإرسال والاستقبال [Base Transceiver Stations (BTSs)].



شكل (٦-٤): النظم الفرعية للنظام الكونى لاتصالات المحمول (GSM) [مراجع ٢٠]

(١) النظام الفرعى للمسحطات القاعدية، (٢) النظام الفرعى لشبكة التحويل، (٣) الشبكات العامة، (٤) التليفون المحمول، (٥) المحطات القاعدية للإرسال والاستقبال، (٦) محطة قاعدية للتحكم، (٧) مسجل بيانات المشترك فى موطنه، (٨) مسجل بيانات الزائر، (٩) مركز التحقق من البيانات، (١٠) مركز التحويل للتليفون المحمول (أو سنترال التليفون المحمول)، (١١) مركز لصيانة التشغيل، (١٢) النظام الفرعى لدعم التشغيل، (١٣) الشبكة العامة للتليفونات السلكية، (١٤) الشبكة الرقمية للخدمات المتكاملة، (١٥) شبكة المعلومات أو البيانات.

وكل مجموعة من هذه المحطات تتصل بدورها بمحطة قاعدية للتحكم [Base Station Controllers (BSCs)] التى يمكن أن تشغل نفس موقع إحدى محطات الـ BTS، على أن ترتبط بباقى المحطات بواسطة وصلات الميكروويف أو من خلال خطوط خاصة مؤجرة (Leased Lines). وكما سبق أن ذكرنا، فإن الانتقال من النطاق الجغرافى لمحطة قاعدية إلى أخرى مع استمرار المكالمات يسمى «اليد المرفوعة»، وهو يتم من خلال المحطة القاعدية للتحكم إذا كانت الخليتان

تتبعانها، وذلك لتخفيف عبء التحويل على مركز التحويل للمحمول (MSC).

ويقوم النظام الفرعى للشبكة والتحويل (NSS) بالربط بين الشبكات الخارجية والمحطات القاعدية للتحكم. ومركز التحويل للمحمول هو قلب هذا النظام، ويقوم بالتحكم فى حركة الاتصالات بين جميع المحطات القاعدية للتحكم. وفى هذا النظام الفرعى يوجد ثلاثة مسجلات للبيانات الأساسية:

● أولها «مسجل بيانات المشترك» فى محل إقامته الأسمى [Home Location Register (HLR)]، مثل عنوانه والمدينة التى يقيم بها ومركز التحويل التابع له. ويوجد لكل مشترك فى نظام GSM رقم وحيد يميزه عن غيره من المشتركين فى النظام فى أى مكان آخر فى العالم [International Mobile Subscriber Identity (IMSI)].

● وثانيها «مسجل بيانات الزائر» [Visitor Location Register (VLR)]، الذى يقوم بالتسجيل المؤقت للرقم IMSI، كما يسجل جميع بيانات المشتركين القادمين من مناطق أو دول أخرى، أو الذين يتبعون مراكز تحويل تختلف عن المركز القادمين إليه. ويقوم مسجل بيانات الزائر بالربط بين جميع مراكز التحويل للحصول على بيانات كل مشترك زائر. فبمجرد أن يتم تسجيل المشترك الزائر أو المتجول، يقوم مركز التحويل - الذى أصبح المشترك الزائر تابعا له جغرافيا - بإرسال جميع البيانات الخاصة بالمشارك الزائر إلى المسجل بمقره الأسمى (HLR)، وعلى إثر ذلك يتم تحويل مسارات المكالمات لهذا المشارك فى الاتجاهين إلى مقره الجديد.

● أما المسجل الثالث لقاعدة البيانات فهو «مركز التحقق» [Authentication Center (AUC)]، وهو يضم جميع مفاتيح الشفرة لكل مشترك مسجل فى HLR و VLR، ولذلك تكون بيانات هذا المركز تحت حماية قوية. ويحتوى مركز التحقق على مسجل يسمى «مسجل تعريف أو تمييز المعدات» [Equipment

[Identity Register (EIR)] ومهمته هي التعرف على أجهزة التليفونات المحمولة المسروقة، التي يحاول سارقوها إرسال بيانات تعريفية تختلف عن تلك المسجلة بـ HLR أو VLR.

أما النظام الفرعى لدعم التشغيل (OSS) فإنه يخدم عادة مركزاً أو عدة مراكز للصيانة (Operation Maintenance Centers (OMC)) حيث تقوم هذه المراكز بالمراقبة والحفاظة على أداء كل من التليفون المحمول والمحطة القاعدية ومحطة التحكم القاعدية ومركز التحويل. والوظائف الأساسية للنظام الفرعى لدعم التشغيل هي:

(١) صيانة جميع دوائر شبكات الاتصال والحفاظة على تشغيلها.

(٢) متابعة خطوات إعداد حسابات المشتركين.

(٣) متابعة جميع المعدات المتحركة فى النظام.

ويستخدم نظام GSM نطاقين للتردد، يبلغ اتساع كل منهما ٢٥ ميجاهيرتز :

□ النطاق ٨٩٠-٩١٥ ميجاهيرتز: يستخدم فى الاتصال من المشترك إلى المحطة القاعدية، أى فى الوصلة العكسية (Reverse Link).

□ النطاق ٩٣٥-٩٦٠ ميجاهيرتز: يستخدم فى الاتصال من المحطة القاعدية إلى المشترك، أى فى الوصلة الأمامية (Forward Link).

ويقسم كل من النطاقين الأمامى والخلفى إلى قنوات يبلغ اتساع كل منها ٢٠٠ كيلوهيرتز، وتسمى «الأرقام المطلقة لتردد قناة الراديو» [Absolute Radio Frequency Channel Numbers (ARFCNs)]. وهذه الأرقام تحدد الزوج المكون من القناتين الأمامية والعكسية اللتين تبعدان عن بعضهما البعض بتردد مقداره ٤٥ ميجاهيرتز. وكل قناة يستخدمها ثمانية مشتركين بطريقة المشاركة الزمنية، باستخدام أسلوب «التنيل المتعدد مقسم الزمن» [Time Division Multiple Access (TDMA)].

وكما أسلفنا، فهناك نطاقان للتردد فى نظام (GSM): أولهما القديم ويعمل فى النطاق من ٨٠٠-١٥٠٠ ميجاهيرتز. وثانيهما، وهو المتطور والأحدث، ويعمل فى نطاق حول ٢ جيجاهيرتز ليواكب الزيادة المطردة والسريعة فى حركة اتصالات المحمول.

الفصل السابع

الاتصالات عبر الإنترنت

يقصد بكلمة إنترنت (Internet) الشبكة المتداخلة أو المتشعبة، لأنها تربط بين آلاف الشبكات وتغطي جميع أنحاء العالم. ويتم الاتصال عبر هذه الشبكة عن طريق الحاسبات الشخصية في أى مكان سواء في المنازل أو المدارس أو الجامعات أو المصانع أو الشركات، ومن جانب كل من يريد الاشتراك فيها، وقد تجاوز عدد المشتركين في هذه الشبكة ١٠٠ مليون مشترك عام ١٩٩٨ في جميع أنحاء العالم، ومن المتوقع أن يتجاوز العدد ٣٢٠ مليوناً عام ٢٠٠٢.

نبذة تاريخية :

ترجع جذور شبكة الإنترنت إلى مشروع بحثي مولته وكالة مشروعات الأبحاث المتقدمة «أربا»، التابعة لوزارة الدفاع الأمريكية، وأطلقت عليه اسم «أربانت» (ARPANET). وتم أول لقاء لمجموعة العمل بهذا المشروع في معهد ستانفورد للأبحاث في أكتوبر ١٩٦٨. وكان الهدف الأساسي لهذا المشروع هو بناء شبكة تستطيع أن تحمل المعلومات العسكرية والحكومية في حالات الطوارئ القصوى، مثلاً عند وجود تهديد نووي. وكانت الفكرة من وراء هذه

الشبكة هي الربط بين حاسبين أو أكثر، مع افتراض أن سقوط جزء من الشبكة لأسباب عسكرية أو غيرها لن يؤثر على سلامة الشبكة ككل. وهذا يعنى أن التحكم فى تشغيل الشبكة يجب ألا يكون مركزيا. وتمثل الحل فى إيجاد مراسم (أو بروتوكولات) مناسبة تعرف باسم مراسم الإنترنت [Internet Protocol (IP)]. وكلمة مراسم تعنى طريقة ثابتة تتكون من عدة قواعد لتنظيم الاتصالات بين الحاسبات.

وحدث أول ربط بين حاسبين فى نوفمبر ١٩٦٩. وكان الحاسب الأول يقع بمدينة لوس أنجليس، والثانى بمعهد ستانفورد للأبحاث داخل مدينة منلو بارك. وكلتا المدينتين تقعان فى نفس الولاية، وهى ولاية كاليفورنيا الأمريكية. وفى ديسمبر ١٩٦٩ اتسعت الشبكة ليربط بين أربعة حاسبات، تضم بالإضافة للحاسبين السابقين، حاسبا ثالثا بمدينة سانتا برابرا، ورابعا بجامعة يوتاه.

وفى منتصف السبعينيات أصبح من الواضح أن شبكة واحدة لن تستطيع أن تلبي احتياجات كل فرد. لذلك رأى الباحثون أنه من الضرورى تطوير التكنولوجيا التى تستطيع الربط بين الأنواع المختلفة من الشبكات حتى يمكن دمجها فى نظام واحد.

وفى منتصف الثمانينيات اقتضت المؤسسة القومية للعلوم بالولايات المتحدة (NSF) الميدان. إذ أنشأت هذه المؤسسة خمسة مراكز لحاسبات عملاقة (Super Computers) حول الولايات المتحدة، وذلك لخدمة الباحثين فى جميع الجامعات والكليات هناك. وبعد ذلك أقامت المؤسسة أكثر من شبكة للربط بين المدارس فى كل منطقة وبين مراكز الحاسبات العملاقة عن طريق وصلة واحدة.

وعلى الرغم من أن الهدف الأساسى للشبكة كان للاتصالات المدرسية والجامعية التى تخدم العملية البحثية والتعليمية، فإنها اتسعت كثيرا وبخطى سريعة لتشمل أى مستخدم، ولأى غرض تجارى أو إعلامى أو اقتصادى.. الخ.

كما أنه يجرى تحديث وتوسيع نطاق الشبكة باستمرار، حيث لم تعد مقصورة على الولايات المتحدة وإنما امتدت لتشمل جميع أنحاء العالم.

مما تقدم يتضح أن الإنترنت ليست شبكة واحدة ولكنها آلاف الشبكات التي تغطي الكرة الأرضية بأسرها. ولتبسيط الأمر، يمكننا أن نشبه الإنترنت بنظامى البريد والتليفون. فكل من النظامين الأخيرين يتكون من أجزاء صغيرة (مكاتب بريد كثيرة أو سبخرالات متعددة) ترتبط فيما بينها لتكوّن فى النهاية منظومة دولية كبيرة. وهكذا الحال فى شبكة الإنترنت، ولكن الميزة الكبرى لها أنها أكثر سرعة ومرونة فى الاستخدام.

ويجب ألا يفهم من هذا أن الإنترنت مجرد شبكة أو مجموعة من شبكات الحاسبات، وإنما هى بالأحرى مصدر هائل للمعلومات. وتلعب الحاسبات هنا دور الوسيط لنقل هذه المعلومات. وتعد الإنترنت مكتبة عالمية شاملة، كما أنها تستخدم فى تبادل الرسائل بين الناس فيما يعرف بالبريد الإلكتروني.

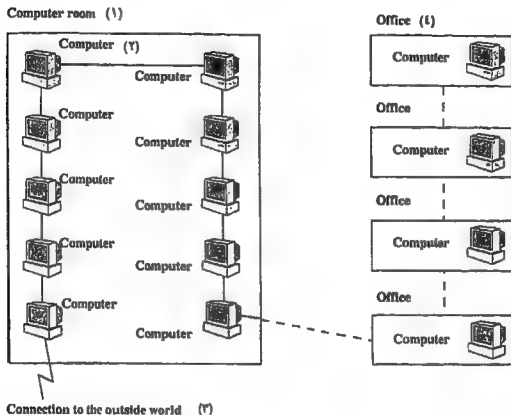
وفى الفقرة التالية سنعرض لعناصر الإنترنت الأساسية، ثم ننتقل بعد ذلك إلى أهم تطبيقاتها، وهما البريد الإلكتروني والشبكة العنكبوتية.

عناصر الإنترنت الأساسية :

أهم عناصر الإنترنت هى الشبكة المحلية [Local Area Network (LAN)]، وشبكة المنطقة الواسعة [Wide Area Network (WAN)]، والحاسب العميل (Client)، والحاسب الخادم (Server)، والحاسب المضيف (Host)، والنهاية الطرفية (Terminal). هذا بالإضافة إلى المراسم أو البروتوكولات التى تنظم عمل الإنترنت (TCP/IP).

وتتكون الشبكة المحلية (LAN) من مجموعة من الحاسبات تتصل ببعضها البعض اتصالاً مباشراً. وعلى سبيل المثال قد تكون هذه الحاسبات داخل أحد

المعامل المدرسية أو الجامعية، وتتصل بها بعض الحاسبات فى المكاتب المجاورة أو القريبة داخل نفس المبنى، كما هو موضح بالشكل (١-٧). فإذا كنا نتحدث عن جامعة مثلا، فإن كل قسم فيها يمكن أن تكون له شبكته المحلية الخاصة به.

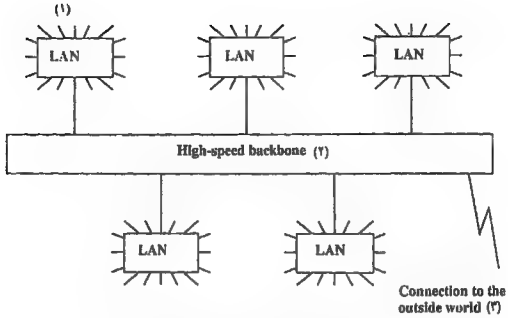


شكل (١-٧) : الشبكة المحلية [مرجع ٨].

(١) حجرة الحاسب، (٢) حاسب، (٣) الربط بالعالم الخارجى، (٤) مكتب

ويربط هذه الشبكات ببعضها نحصل على شبكة المساحة أو المنطقة الواسعة (WAN) التى تغطى جميع أقسام وكليات الجامعة. وتربط بين الشبكات المحلية وصلة عالية السرعة مثل كابلات الألياف الضوئية، وتسمى هذه الوصلة العمود الفقري (Back bone) كما هو مبين بالشكل (٧-٢).

والحاسب العميل (Client) عبارة عن محطة عمل (Work Station) تضم



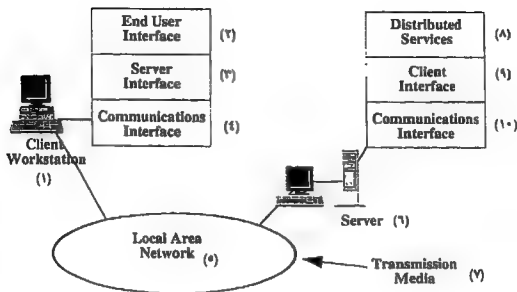
شكل (٧-٢) : شبكة المنطقة الواسعة [مراجع ٨]

(١) شبكة المنطقة المحلية، (٢) العمود الفقري السريع، (٣) الربط بالعالم الخارجى

مجموعة من البرامج التى تقوم بالعديد من الوظائف، منها الربط بين المستخدم والحاسب الخادم، وتحليل المعلومات التى يتم استقبالها، وتجهيزها ليتم عرضها على المستخدم.

أما الحاسب الخادم (Server) فهو ماكينة سلبية تضم البرامج التى تحمل المعلومات أو المصادر التى يحتاجها المستخدم. والحاسب الخادم يستجيب فقط للطلبات التى تأتية من الحاسب العميل. والشكل (٧-٣) يبين مكونات شبكة تضم كلا الحاسبين: العميل والخادم.

والحاسب المضيف (Host) هو كل حاسب موصل بالإنترنت ويمكن أن

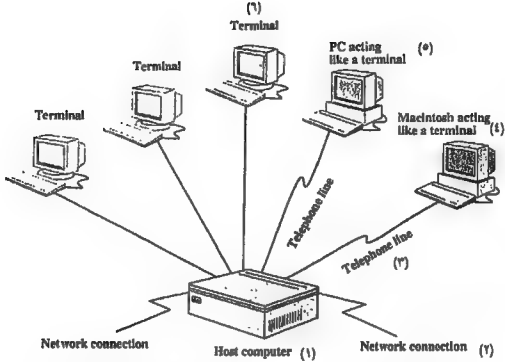


شكل (٣-٧) : مكونات شبكة الحاسبين العميل والخادم [مراجع ١]

(١) محطة عمل الحاسب العميل، (٢) وصلة بينية للمستخدم النهائي، (٣) وصلة بينية للحاسب الخادم، (٤) وصلة بينية للاتصالات، (٥) شبكة المنطقة المحلية، (٦) الحاسب الخادم، (٧) وسائط الإرسال، (٨) الخدمات الموزعة، (٩) وصلة بينية للحاسب العميل، (١٠) وصلة بينية للاتصالات

يتصل به عدد من المستخدمين، كما هو موضح بالشكل (٣-٧). ويسمى الحاسب المضيف أيضا «عقدة» (Node) لأنه يمثل عقدة أو نقطة في الشبكة. والوصلات بين العقد تسمى خطوطا. وعلى سبيل المثال يمكن أن تخبر شخصا أن المعلومات التي يريدها موجودة في حاسب مضيف بسويسرا وعليه أن يتصل به.

أما الحاسبات الطرفية (Terminals) فهي الحاسبات التي يجلس إليها المستخدمون للاتصال بالشبكة. وقد تكون حاسبا شخصيا (PC) أو مجرد شاشة ولوحة مفاتيح، وربما تضم الجوال، ويسمى في بعض الأحيان «الفأرة» (Mouse). وعادة ما تتصل هذه الحاسبات الطرفية بالحاسب المضيف بنظام المشاركة في



شكل (٧-٤) : الحاسب المضيف في نظام المشاركة الزمنية [مراجع ٨]

(١) الحاسب المضيف، (٢) ربط للشبكة، (٣) خط تليفون، (٤) حاسب ماكنتوش يعمل كنهاية طرفية، (٥) حاسب شخصي يعمل كنهاية طرفية، (٦) نهاية طرفية

الزمن (Time-Sharing System).

وأخيرا فإن المراسم أو البروتوكولات (TCP/IP) تضم مجموعة تزيد على مائة مرسوم تستخدم للربط بين الحاسبات والشبكات المختلفة. والمرسوم هو مجموعة من القواعد التي تبين كيفية تنفيذ عمل معين. فمثلا هناك مرسوم يصف بدقة الصيغ التي يجب أن يستعملها المستخدم عند إرسال رسالة. وجميع برامج الإنترنت البريدية يجب أن تتبع هذا المرسوم عند إعداد الرسالة للتسليم. والاختصار (TCP) (Transmission Control Protocol) يعنى مراسم التحكم في الإرسال، أما «IP» (Internet Protocol) فيعنى مراسم الإنترنت. وتقوم

المراسم IP بإرسال المعلومات من مكان إلى آخر، أما المراسم TCP فإنها تتحقق من أنه لا توجد أخطاء في الإرسال.

وتجدر الإشارة إلى أن المعلومات لا تنتقل عبر الإنترنت من حاسب مضيف إلى آخر في تدفق متصل، ولكن المعلومات تقسم إلى أجزاء صغيرة تسمى كل منها حزمة (Packet). وعلى سبيل المثال، فإنك إذا أرسلت رسالة إلى صديق داخل البلاد أو في الخارج، فإن مراسم الـ TCP تقوم بتقسيم الرسالة إلى عدد من الحزم. وكل حزمة تميز برقم معين بالإضافة إلى عنوان المرسل والمرسل إليه. وعلاوة على ذلك، فإن الـ TCP تُدخل بعض المعلومات الإضافية للتحكم في الخطأ، وترسل هذه الحزم بعد ذلك باستخدام مراسم الـ IP.

وعلى الطرف الآخر تقوم مراسم الـ TCP باستقبال الحزم ومراجعتها، فإذا كان هناك خطأ في حزمة ما فإن الـ TCP تطلب إعادة إرسالها. وبمجرد التحقق من صحة جميع الحزم، فإن الـ TCP تقوم بتجميع الحزم وإعادة الرسالة إلى صورتها الأولى.

مجمّل القول أن الـ IP تقوم بنقل الحزم من مكان إلى آخر، بينما تقوم الـ TCP بالإشراف على عملية النقل والتحقق من صحة المعلومات.

والجدير بالذكر أن تقسيم المعلومات إلى حزم له فوائد جمة. أولاً أنه يسمح للإنترنت بأن تستخدم نفس خطوط الاتصال لعدة مستخدمين في وقت واحد. وثانياً أن مجموعة الحزم التي تمثل رسالة واحدة يمكن أن تسلك طرقاً مختلفة، وهذا من شأنه أن يعطي مرونة للإنترنت في استخدام الطرق البديلة التي تحمل كثافة مرور أقل. كما أنه عند حدوث عطل في إحدى الوصلات، فإن الحاسبات الموجهة (Routers) لانسحاب المعلومات يمكنها بذلك أن تجد طريقاً بديلاً. وثالثاً أنه عند حدوث خطأ في إحدى الحزم، فإنه يعاد إرسال هذه الحزمة فقط دون حاجة لإعادة الرسالة كلها، مما يزيد من سرعة الإنترنت ويخفف من الضغط على الخطوط.

وقد أصبح من الممكن الآن إرسال ملف كامل (File) من حاسب مضيف إلى آخر فى ثوان معدودة، مهما بعدت المسافات بينهما، رغم مرور الحزم الخاصة بهذا الملف خلال عدد كبير من الحاسبات.

البريد الإلكتروني [Electronic Mail or e-mail] ،

يستطيع مستخدم الإنترنت أن يرسل الرسائل ويستقبلها من أى شخص آخر يستخدم هذه الشبكة. وليس المقصود بالبريد هنا مجرد الرسائل الشخصية، ولكنه يتعدى ذلك إلى كل ما يمكن تخزينه فى ملفات (على أقراص الحاسب مثلا). وقد تشتمل هذه الملفات على صور أو برامج للحاسب، أو إعلانات، أو مجلات إلكترونية يستطيع قراءتها المشتركون فيها. وحينما يتحدث المشتركون فى الإنترنت عن البريد، فإنهم يقصدون البريد الإلكتروني. أما البريد التقليدى فيطلق عليه «Snail Mail»، أى أنه بطيء مثل حيوانات القواقع البطيئة الزاحفة.

ويوجد لكل مشترك فى الإنترنت عنوان. ويتكون العنوان من جزئين يفصل بينهما الحرف @ (أى «عند») ويكتب بالصورة @. ويحمل الجزء الأيسر اسم المشترك. أما الجزء الأيمن فيسمى المجال (Domain) ويحتوى على اسم الدولة، واسم الشبكة داخل الدولة، واسم الحاسب المضيف الذى يتبعه المشترك. وعلى سبيل المثال نفترض أن العنوان هو:

ahmad@alpha1 - eng.cairo.eun.eg

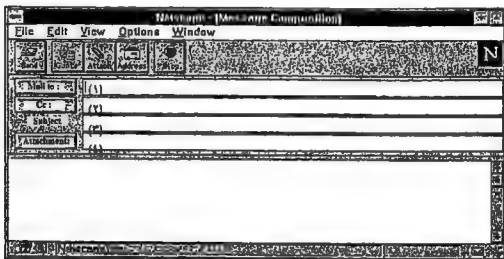
ومعنى هذا العنوان أن هناك مشتركا اسمه أحمد، يستطيع الاتصال من خلال حاسب مضيف بكلية الهندسة جامعة القاهرة اسمه alpha1 - eng.cairo.eun. وهذا الحاسب المضيف يمثل عقدة (node) فى شبكة الجامعات المصرية واسمها eun. وتقع هذه الشبكة داخل مصر، أى فى eg (وهى اختصار لكلمة EGYPT).

ويلاحظ أن حاسبات الإنترنت تقرأ العنوان من اليمين إلى اليسار، أى تبدأ بالدولة.. وهكذا تباعا حتى تصل إلى اسم المشترك أو المستخدم فى نهاية المطاف. وعند الاشتراك فى الإنترنت، فإن المشرف على الشبكة يعطى لكل مستخدم اسما خاصا به يختلف عن أسماء غيره من المشتركين. أى إذا اشترك شخصان فى نفس الاسم، فإنه يضيف إلى اسم كل منهما الحرف الأول من اسم والده مثلا. أما الجزء الأيمن من العنوان فيمكن أن يشترك فيه عدد كبير من المستخدمين. ففى المثال السابق يمكن أن يشترك جميع أعضاء هيئة التدريس والطلبة فى نفس الحاسب المضيف، ومع ذلك يكون لكل مشترك منهم اسم لا يشاركه فيه مشترك آخر.

وكما ذكرنا، فإن لكل دولة اسما مختصرا لا يزيد على حرفين. فالكويت مثلا ku، والسعودية sa.. وهكذا. ومع ذلك ففى الولايات المتحدة الأمريكية لا تنتهى أغلب العناوين باسم الدولة، ولكن باسم النشاط الذى تمارسه هيئات أو مؤسسات يربط بينها نفس النشاط. وعلى سبيل المثال، فإن جميع المشتركين فى المعاهد والجامعات تنتهى عناوينهم بالمقطع .edu. (وهو اختصار لكلمة education أى «تعليم»). وبالنسبة للمشتغلين فى المؤسسات والشركات التجارية تنتهى عناوينهم بـ .com. (وهو اختصار لكلمة commercial أى «تجارية»).. وهكذا.

وحينما نتحدث عن البريد، فلا بد أن نعرف كيف نرسل ونستقبل الرسائل عبر الإنترنت. وعند إرسال رسالة بالبريد الإلكتروني فلا بد أن نعرف عنوان المرسل إليه، والخطوة الأولى تبدأ بدخول المشترك إلى الشبكة وكتابة كلمة السر (Password) الخاصة به. وفى الخطوة الثانية يقوم المشترك بتحميل برنامج البريد. وهناك عدة برامج للبريد، أبسطها هو برنامج pine الذى يستخدمه المبتدئون. وهناك برنامج آخر أقوى يسمى elm. ومن لديهم برامج «الويندوز» (Windows) فى أجهزتهم الشخصية، يستطيعون استخدام برنامج

البريد الخاص بالويندوز مثل Netscape، وغير ذلك من برامج بريدية تعتمد بالدرجة الأولى على نوع الحساب الذى يستعمله المشترك. وبعد هذا التحميل مباشرة تظهر ثلاثة أسطر، يقوم المشترك بملئها طبقاً للكلمة الموجهة المكتوبة فى أول كل سطر. وفى بعض البرامج تظهر أربعة أسطر كما هو مبين بالشكل (٧-٥). وفى السطر الأول، بعد كلمة To - أى «إلى» - يكتب عنوان المرسل إليه. وفى السطر الثانى CC (Send Copy to) - أى «أرسل نسخة إلى» - يكتب المشترك عنوان الشخص أو الأشخاص الذين يريد إرسال نفس الرسالة إليهم، ويمكن أن يترك هذا السطر خالياً إذا لم يكن هناك شخص آخر يراد مراسلته.



So you want to send some e-mail?

شكل (٧-٥) : الصفحة التى تظهر عندما نبدأ فى إرسال رسالة بالبريد الإلكتروني [مراجع ٧]

(١) أرسل إلى، (٢) أرسل نسخة إلى، (٣) الموضوع، (٤) المرفقات

وفى السطر الثالث، يكتب أمام كلمة Subject - أى «الموضوع» - عنوان الرسالة أو الهدف منها. والسطر الأخير بعنوان Attachment - أى «المرفقات» - وقد يكون المرفق هذا ملفاً مخزوناً على قرص. ويكتب المشترك عنوان الملف فى هذا السطر، أو لا يكتب إذا لم تكن هناك مرفقات. وجدير بالذكر أن أغلب المجلات العلمية العالمية تطلب من الباحثين إرسال أبحاثهم عن طريق البريد الإلكتروني،

ويكون المرفق فى هذه الحالة هو البحث ذاته، وعنوان الملف هو عنوان البحث. وبعد كتابة هذه السطور القليلة، يبدأ المشترك فى كتابة رسالته بشكل عادى. وبعد الانتهاء من الكتابة، يعطى المشترك الأمر بإرسال الرسالة طبقا للبرنامج الذى يستخدمه، فيتم الإرسال فى الحال.

وعند استقبالك للرسائل على الطرف الآخر، فإن جميع الرسائل الواردة إليك يتم تخزينها فى صندوق بريد إلكترونى (Electronic Mail Box)، باسمك فى الحاسب المضيف الذى تتبعه. ويمجرد دخولك إلى شبكة الإنترنت، فإنك ستجد عند استخدام برنامج pine مثلا عبارة «You have new mail» - أى أن لديك بريدا جديدا يمكنك قراءته وطبعه أو تخزينه أو حذفه حسب أهمية الرسالة. وإذا لم تكن لديك رسالة جديدة ولكن هناك رسائل سابقة مخزونة، ستجد عبارة «You have mail» - أى أن لديك بريدا ولكنه ليس بجديد، أما إذا كنت تستخدم برامج أخرى، فعليك أن تتبع الخطوات الخاصة بها.

ويمكنك الرد على المرسل (Reply). وقد يحتوى الرد على الرسالة المرسل أو أجزاء منها، أو يخلو منها كلية. ولن تحتاج فى هذه الحالة إلى كتابة عنوان المرسل إليه، لأن البرنامج البريدى سيستخرجه من الرسالة المستقبلية.

وهناك أيضا خاصية الـ Bouncing - وتسمى فى بعض البرامج Redirect - وبها تستطيع أن تحول الرسالة القادمة إليك إلى شخص ثالث بدون إجراء أى تعديل فيها. أما إذا أضفت تعليقات إلى الرسالة القادمة إليك ثم أرسلتها إلى شخص ثالث، فتسمى الخاصية فى هذه الحالة Forwarding. وحينما تصلك رسالة من هذا النوع الأخير فإنك ستجد علامة > عند كل سطر من سطور الرسالة الأصلية، أما بقية السطور التى تحتوى على التعليقات فلن تجد أمامها هذه العلامة. وستجد أيضا أمام كلمة From - أى « من » - عنوان الشخص الذى حول إليك الرسالة، وليس المرسل الأصلى. وبعض البرامج تضيف فى سطر الموضوع (Subject) المقطع «Fwd»، لتعرف أن الرسالة محولة إليك.

الشبكة العنكبوتية العالمية (World Wide Web (WWW

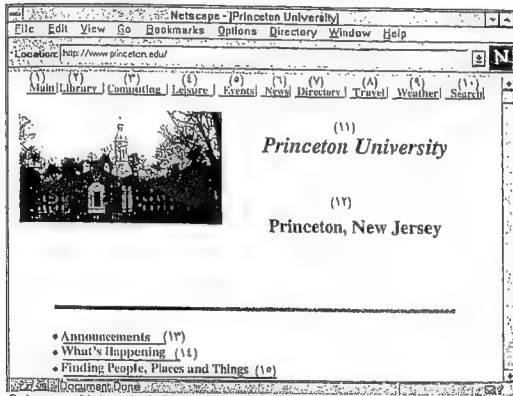
تحتوى الشبكة العنكبوتية على عدد كبير من الحاسبات الخادمة (Servers) التى تقدم جميع أنواع المعلومات لأى مستخدم للإنترنت. وقد تكون المعلومات نصا مكتوبا أو صوتا أو صورا أو غير ذلك. ويتم الوصول إلى هذه المعلومات عن طريق برنامج فى الحاسب العميل (Client) يسمى المتجول (Browser). وقد تم طرح أول برنامج من هذا النوع لاستخدام عامة الناس فى يناير ١٩٩٢.

وهناك سببان يجعلان الشبكة العنكبوتية مرغوبا فيها على نطاق واسع من جانب المستخدمين. أولهما، سهولة استخدامها. وثانيهما، أنه يمكنك أن تكون لنفسك صفحة أو عدة صفحات تضع فيها ما تريد من معلومات شخصية ليشارك فيها الآخرون، وتسمى هذه الصفحة «Home Page»، أى الصفحة السكنية.

وبالإضافة للمعلومات، يمكن لكل صفحة أن تحمل مجموعة من الوصلات أو الروابط (Links) للصفحات الأخرى، وبذلك تستطيع أن تنتقل من صفحة إلى أخرى باستخدام هذه الوصلات. ولغة «الوب» التى تحتوى فيها المعلومات على وصلات لمعلومات أخرى، تسمى «فوق النص» (HyperText). ومعنى هذا أن شدة الضوء تزداد عند الكلمات المرتبطة بمعلومات أخرى (وقد تظهر هذه الكلمات بألوان مختلفة). وللوصول إلى هذه المعلومات، يمكن للمستخدم توجيه مؤشر شاشة الحاسب إلى هذه الكلمة المراد معرفة معلومات عنها ثم الضغط على أحد أزرار لوحة المفاتيح (Key board). أو إذا كانت هناك فأرة (أو متجول) فإنه يمكنه الضغط عليها بعد توجيه المؤشر إلى الكلمة المقصودة.

ويسمى البروتوكول الذى يقوم بنقل لغة الوب «Hyper Text Transport Protocol»، واختصاره HTTP، وعادة ما تبدأ جميع عناوين «الوب» بهذه الحروف. وعلى سبيل المثال، عند كتابة عنوان جامعة برنستون بالولايات

المتحدة وهو : <http://www.princeton.edu>. تظهر على الشاشة الصفحة الموضحة في شكل (٧-٦). وكل كلمة من الكلمات الموجودة في أعلى الصورة تعني أن هناك معلومات تفصيلية عن كل منها. فإذا وصلنا إلى إحداها بالطريقة التي شرحناها فيما سبق، ولتكن Main (أي «الرئيسي») فسيتاح لنا أن نتعرف على أقسام الجامعة، وهيئة التدريس، والمجالات البحثية الخاصة بكل قسم، وكيفية الالتحاق بها، والشروط المطلوبة في الطالب المتقدم، بالإضافة إلى نبذة عن موقع الجامعة ومساحتها وغير ذلك من المعلومات التفصيلية. وإذا انتقلنا إلى



شكل (٧-٦) : الصفحة السكنية لجامعة برنستون، نيو جيرسي بالولايات المتحدة الأمريكية [مراجع ٧]
 (١) العمومي أو الرئيسي، (٢) المكتبة، (٣) المسابقات، (٤) قضاء وقت الفراغ، (٥) الأحداث، (٦) الأخبار، (٧) الدليل، (٨) السفريات، (٩) الجو، (١٠) إبحث عن، (١١) جامعة برنستون، (١٢) برنستون، نيو جيرسي، (١٣) الإعلانات، (١٤) ماذا يحدث، (١٥) البحث عن الناس والأماكن والأشياء.

كلمة Library (أى «المكتبة») فسنتعرف على الدوريات العلمية والكتب التى تحتويها، ومجالاتها وعناوينها. ويلاحظ أن كل كلمة لا تشتمل على صفحة واحدة، بل تشعب إلى عدة صفحات خلال سلسلة من الوصلات. وكل صفحة تعنون بكلمة أو عبارة.

مما تقدم يتضح أن «الوب» هى مخزن هائل للمعلومات يمكن أن يستفيد منه الصغير والكبير. إذ يمكن أن تستخدم «الوب» للحصول على الأبحاث والمقالات العلمية المنشورة فى الدوريات العالمية، وهى أيضا وسيلة مهمة للتشقيف فى جميع المجالات، تاريخية ورياضية وفنية وغيرها. وتستطيع الشركات أن تجد فى «الوب» مجالا فريدا للإعلان عن منتجاتها - بمواصفاتها وأسعارها - لدى جمهور المستهلكين الذين يمكنهم الشراء من خلالها. وقد تحتوى «الوب» على إعلانات عن وظائف خالية فى أى بقعة فى العالم، وبالتالي يمكن لمن يشاء أن يتقدم لشغلها. بل أصبح من الممكن للراغبين فى السفر أن يتصلوا بشركات الطيران لحجز مقاعد لهم عن طريق «الوب». كما يمكن أيضا عن طريقها متابعة الأخبار العالمية فى الصحف أو المحطات التلفزيونية العالمية مثل CNN التى لها مواقع على الإنترنت، وغير ذلك من مجالات لا تعد ولا تحصى.

خاتمة

نظرة إلى المستقبل

وبعد.. عزيزى القارئ.. فقد استعرضنا معا التطور التاريخى للاتصالات منذ اختراع البطارية الكهربائية، ثم تطرقنا إلى وصف أنواعها المختلفة من سلكية ولاسلكية، أرضية وفضائية عندما يتم الاتصال بين أطراف ثابتة أو محمولة. وجددير بالذكر أن لكل نوع من هذه الأنواع شبكة، وترتبط كل شبكة بالأخرى فى توافق دقيق، وبذا تتكامل الشبكات مع بعضها البعض لتكون فى النهاية شبكة شاملة تغطى الكرة الأرضية من أقصاها لأدناها. وقد يتساءل القارئ: هل يمكن أن يحدث تطور آخر بعد كل ما حدث ؟ ونجيب بأن التطور لا يقف عند حد مادام هناك إنسان يعيش ويفكر من أجل أن يجعل حياته أفضل من كافة الوجوه.

ولعل أكثر مجالين يتم فيهما البحث والتطوير حاليا هما الاتصالات اللاسلكية الشاملة، واتصالات الشبكة العنكبوتية عبر الإنترنت.

ففى مجال الاتصالات اللاسلكية، من المنتظر أن تتحول نظم الاتصالات الخلوية للتليفون المحمول - التى لايزال بعضها يستخدم الشبكات التناظرية

(Analog) — إلى النظم الرقمية (Digital) عند تردد يقترب من ٢ جيجاهيرتز، بدلا من النطاق الترددي الحالي ٨٠٠ ميجاهيرتز - ١ جيجاهيرتز. وهذا من شأنه أن يؤدي إلى زيادة عدد قنوات الاتصال، وبالتالي ارتفاع عدد المشتركين الذين يتزايدون بالفعل زيادة أسية. وبالرغم من أن عدد التليفونات المحمولة شهد طفرة كبيرة حتى وصل في الدول الاسكندنافية مثلا إلى تليفون لكل شخصين، فإن عدد المشتركين على مستوى العالم لا يتجاوز في المتوسط ٥٪ من عدد السكان. من ذلك يتضح أن تكنولوجيا صناعة التليفون الخلوي ستظل حقلًا خصبا لمزيد من التوسع والانتشار. كما أنه من المتوقع إدخال نظام CDMA لشبكة GSM التي تستخدم نظام TDMA حاليا، وبذلك ستصبح العدد التليفونية المحمولة في المستقبل ثنائية الاستخدام، بمعنى أن استخدام هذه العدد سيصبح ممكنا في المناطق التي تستخدم نظام TDMA (أوروبا)، وفي المناطق التي تستخدم نظام CDMA (أمريكا الشمالية) مما يتيح للمشارك شمولية استخدام جهازه في أي مكان.

ومن ناحية أخرى، سيتم التوسع في استخدام الاتصالات اللاسلكية للأطراف الثابتة عند تردد يدور حول ٣٠ جيجاهيرتز، ويسمى هذا النظام [Local Multipoint Distribution Service (LMDS)]. ويعتمد هذا النظام على وجود محطة قاعدية تتصل بالمشاركين في دائرة يصل قطرها إلى نحو أربعة كيلومترات. ويتميز هذا النظام بأنه يمد المشتركين بنطاق ترددي واسع يصل مداه إلى المئات من الميجاهيرتز، مما يتيح سرعة عالية لنقل المعلومات تفوق تلك المستخدمة حاليا في خطوط التليفونات التقليدية.

وبنهاية عام ١٩٩٨، كانت شركة «موتورولا» قد أتمت برنامجها لإطلاق أقمار الاتصالات بنظام الايريديوم ذي المدارات المنخفضة الذي يضم ٦٦ قمرا. ومن المتوقع خلال السنوات القليلة القادمة أن يتم الربط بين شبكات الأقمار الصناعية في ارتفاعاتها ومداراتها المختلفة، وذلك لتكوين شبكة

شاملة تغطي خدمات الاتصالات الشخصية مثل المكالمات التليفونية والفاكس والفيديو والمؤتمرات والإذاعة.

وبالنسبة للإنترنت، فإن عدد مستخدميها يتزايد بالفعل زيادة أسية أيضا. ومن المتوقع أن تزداد أوجه استخداماتها لتشمل نقل المؤتمرات لحظة انعقادها، وأيضا نقل البرامج التليفزيونية لحظة إذاعتها عن طريق الكابلات. وأكثر من هذا، سيكون من الممكن إجراء الحسابات العلمية والبرامج المعقدة من خلال الإنترنت باستخدام حاسبات بعيدة بدلا من الحاسب الشخصي المحلي. كما أن الاتصال بها لاسلكيا عن طريق أجهزة المحمول سيصبح أمرا ميسورا.

وأخيرا وليس آخرا، فقد حاولنا إلقاء الضوء على جزء من مسيرة الاتصالات في الماضي، وواقعها اليوم، والمأمول لها مستقبلا، ولعلنا نكون قد أفلحنا في اجتذاب القارئ إلى مزيد من القراءة في هذا المجال الحيوى الذى يمس حياة البشر أجمعين.

المراجع

- 1) Ahuja V., *Network and Internet Security*, AP Professional, 1996.
- 2) Bellamy J., *Digital Telephony*, John Wiley & Sons, Second Edition, 1991.
- 3) Calcutt D. and Tetley L., *Satellite Communications : Principles and Applications*, Edward Arnold, 1994.
- 4) Cornelius D.J., Herridge A.J., Silk R. and Thompson P.T. "The Intelsat VIII/VIIIA Generation of Global Communication Satellites", *International Journal of Satellite Communications*, Vol. 13, PP. 39-48, January - February 1995.
- 5) Dunlop J. and Smith D.G., *Telecommunications Engineering*, Van Nostrand Reinhold (U.K.), 1987.
- 6) Freeman R.L. *Telecommunication System Engineering*, John Wiley & Sons, Inc., 1980.
- 7) Glossbrenner A. and Glossbrenner E., *Internet 101*, Third Edition, McGraw-Hill, 1996.
- 8) Hahn's H., *The Internet Complete Reference*, Second Edition, McGraw- Hill, 1996.
- 9) Haykin S., *Communications Systems*, John Wiley & Sons, Inc., 1994.
- 10) Jamalipour A., *Low Earth Orbital Satellites for Personal*

Communication Networks, Artech House, 1998.

- 11) Kennedy G. and Davis B., *Electronic Communication Systems*, Macmillan/McGraw-Hill, Fourth Edition, 1993.
- 12) Lange L., "The Internet", *IEEE Spectrum*, PP. 37-42 January 1998.
- 13) Lange L., "The Internet", *IEEE Spectrum*, PP. 35-40 January 1999.
- 14) Mehrotra A., *Cellular Radio Performance Engineering*, Artech House, Inc., 1994.
- 15) Miller B., "Satellite Free Mobile Phone", *IEEE Spectrum*, PP. 26-35, March 1994.
- 16) O'Reilly J., *Telecommunication Principles*, Van Nostrand Reinhold, 1987.
- 17) Padgett J.E., Günther C.G. and Hattori T., "Overview of Wireless Personal Communications", *IEEE Communications Magazine*, PP. 28-41, January 1995.
- 18) Pike M.A. et al, *Using the Internet*, Que Corporation, 1996.
- 19) Proakis J.G., *Digital Communications*, McGraw-Hill, Inc., Third Edition, 1995.
- 20) Rappaport T.S., *Wireless Communications*, Prentice-Hall, 1999.
- 21) Reimers U., "Digital Video Broadcasting", *IEEE Communications Magazine*, PP. 104-110, June 1998.
- 22) Riezenman M.J., "Communications", *IEEE Spectrum*, PP. 29-36, January 1998.
- 23) Riezenman M.J., "Communications", *IEEE Spectrum*, PP. 33-37, January 2000.
- 24) Roddy D. and Coolen J., *Electronic Communication*,

Reston Publishing Company, Inc., Third Edition, 1984.

- 25) Schweber W., *Electronic Communication Systems*, Prentice-Hall, 1991.
- 26) Stark H. Tuteur F.B. and Anderson J.B., *Modern Electronic Communications*, Prentice-Hall International Editions, 1988.
- 27) Wiederspan J. and Shotton C., *Web Sites on the Macintosh*, Addison-Wesley Developers Press, 1996.
- 28) Ziemer R.E. and Tranter W.H., *Principles of Communications*, Houghton Mifflin Company, 1985.

رقم الإيداع

١٦٠١٨ / ٢٠٠٠ م

مطابع الأهرام التجارية - الكويت - مصر



للاتصالات تأثير حاسم على الحياة الاجتماعية والاقتصادية والثقافية والسياسية المعاصرة، فقد أسقطت الحواجز بين الشعوب والأمم وأسهمت في تلاقى الحضارات وإثراء المعرفة. والكتاب الحالي يضم بين دفتيه عرضاً لتطور الاتصالات، وتقناتها المختلفة، مركزاً على الاتصالات السلكية واللاسلكية وعبر الأقمار الصناعية والإنترنت والمحمول، وينتهي بإلقاء نظرة على آفاق المستقبل في هذا المجال.

والمؤلف الأستاذ الدكتور عماد الدين خلف الحسيني، أستاذ الاتصالات بهندسة القاهرة، حاصل على جائزة الدولة التشجيعية في العلوم الهندسية، وتم اختياره ضمن شخصيات الموسوعة القومية المصرية وموسوعة «مركز»: من هو في العالم، أشرف على العديد من رسائل الدكتوراه والماجستير، وشارك في عدة مؤتمرات دولية، وقام بعدة مهام علمية في عدد من أبرز جامعات العالم.

الناشر

صدر من هذه السلسلة

- ١ - الوراثة البشرية الحاضر والمستقبل
- ٢ - الليزر بين النظرية والتطبيق
- ٣ - استكشاف الفضاء واستغلال موارد الكون
- ٤ - الأرصاد الجوية ونظرة إلى المستقبل
- ٥ - الحاسب الآلي : مكوناته وبرامجه ولغاته واستخداماته
- ٦ - المبيدات سلاح ذو حدين
- ٧ - البلاستيك والمطاط والالياف الصناعية في حياتنا المعاصرة

التوزيع في الداخل والخارج : وكالة
ش الجلاء - القاهرة

مركز الأهرام للترجمة والنشر
مؤسسة الأهرام

مطابع الأهرام التجارية - قليوب



0643702